

# **Paperirullapakkaamon optimointi**

**Stora Enso Anjalan paperitehdas**

Miika Rantala

Opinnäytetyö

Toukokuu 2020

Tekniikan ala

Insinööri (AMK), sähkö- ja automaatiotekniikka

Tekijä(t) Rantala, Miika	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä toukokuu 2020
	Sivumäärä 56	Julkaisun kieli Suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty: x
Työn nimi <b>Paperirullapakkaamon optimointi</b> Stora Enso Anjalan paperitehdas		
Tutkinto-ohjelma Insinööri (AMK), sähkö- ja automaatiotekniikka		
Työn ohjaaja(t) Markku Ström, Veli-Matti Häkkinen		
Toimeksiantaja(t) Stora Enso Oyj Anjalan paperitehdas		
<p>Tiivistelmä</p> <p>Stora Enson Anjalan paperitehtaalla on yksi keskuspakkaamo kahden paperikoneen tarpeisiin. Paperirullapakkaamon on määrä pakata kahden paperikoneen rullatuotanto pysyen koneiden tuotantotahdissa. Tällöin on olennaista, että pakkaamo toimii luotettavasti ja mahdollisimman vähin häiriöin. Jos paperirullapakkaamo ei toimi oikein, se heijastuu nopeasti koko tehtaan toimintaan.</p> <p>Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää syitä, jotka vaikuttavat paperirullapakkaamon toimintaan tuotantoa alentavasti, ja yrittää luoda ratkaisuja, joilla tuotantotehokkuutta voitaisiin nostaa. Työ toteutettiin kehittämistutkimuksena. Alkaen tutustumisesta pakkaamon toimintaan ja nykytilaan, johon pyrittiin etsimään korjaavia ratkaisuja. Ennen työn toteuttamista tutustuttiin paperitehtaan toimintaan ennen pakkausta, sillä kokonaisuuden kannalta sen ymmärtäminen oli olennaista. Havaittiin, että ilman kunnollista raportointia tuotannonohjausjärjestelmään, ei kaikkiin syihin päästäisi riittävän luotettavasti kiinni.</p> <p>Tuloksena saadut tuotannonohjausjärjestelmän muutokset lisäävät raportointia ja helpottavat juurisyihin paneutumista. Tällöin päästiin yhteen tehtaan päätavoitteista pakkaamon osa-alueella eli jatkuvan parantamisen kehään. Muutosten jälkeen tuotannonohjausjärjestelmä yhdessä operaattorien raportoinnin kanssa tuottaa sellaista dataa, josta päästään kiinni tuotantoa alentaviin juurisyihin. Lisäksi tuloksena saatiin jatkokehitysideoita, joita eteenpäin viemällä tuotantoa voitaisiin tehostaa enemmän. Näiden ideoiden käyttöönotto vaatii kuitenkin lisäselvityksiä ennen hyödyntämistä. Lopputulemana todettiin pakkaamon olevan haasteellinen, mutta mielenkiintoinen kehitettävä, koska alentuneeseen tuotantotehokkuuteen vaikuttavia syitä on yhden sijasta useita ja näihin kaikkiin vaikuttaminen on hyvin vaikeaa.</p>		
Avainsanat (asiasanat) Paperirullanpakkaus, rullanpakkaus, pakkauskone, pakkaamo, optimointi, jälkikäsitteily		
Muut tiedot (Salassa pidettävät liitteet)		

Author(s) Rantala, Miika	Type of publication Bachelor's thesis	Date May 2020
		Language of publication: Finnish
	Number of pages 56	Permission for web publication: x
Title of publication <b>Title</b> Optimizing a paper roll packing station		
Degree programme Bachelor's degree programme in Electrical and Automation Engineering		
Supervisor(s) Ström, Markku, Häkkinen, Veli-matti		
Assigned by Stora Enso Oyj Anjala paper mill		
<p>Abstract</p> <p>Stora Enso's Anjala paper mill has one central packaging plant for two paper machines. The paper roll packing plant has to pack the roll production of two paper machines while keeping pace with the production of the machines. In this case, it is essential that the packing plant operates reliably and with the least possible interference. If the roll paper mill does not work properly, it is quickly reflected in the operation of the entire mill.</p> <p>The aim of the thesis was to find out the reasons that affect the operation of a paper roll packaging plant and reduce production, and to try to create solutions that could increase production efficiency. The work was carried out as a development study. Starting with an introduction to the operation and current state of the packing plant, the aim was to find corrective solutions. Before carrying out the work, the operation of the paper mill was familiar before packaging, as understanding it was essential for the whole. It was found that without proper reporting, the production control system would not be sufficiently reliable for all reasons.</p> <p>The resulting changes to the production control system increase reporting and make it easier to address the root causes. At that time, one of the main goals of the factory was reached in the sub-area of the packing plant, ie the circle of continuous improvement. After the changes, the production control system, together with the operators' reporting, produces data that can be used to address the root causes that reduce production. In addition, the result was ideas for further development, which could be made more efficient by taking production forward. However, the implementation of these ideas requires further investigation before exploitation. In the end, the packaging plant was found to be challenging but interesting to develop, as there are several reasons for the reduced production efficiency instead of one, and it is very difficult to influence all of them.</p>		
Keywords/tags (subjects) Paper roll packing, paper roll packing station, roll wrapping		
Miscellaneous (Confidential information)		

## Sisältö

<b>Sanasto .....</b>	<b>4</b>
<b>1 Johdanto .....</b>	<b>5</b>
<b>2 Suomen paperiteollisuus ja Stora Enso.....</b>	<b>6</b>
<b>3 Pituusleikkaus ennen pakkausta .....</b>	<b>7</b>
<b>4 Rullan käsittely.....</b>	<b>8</b>
4.1 Anjalan tehdas .....	8
4.2 Rullan eteneminen pakkaukseen .....	9
4.2.1 Hylkäys ja uudelleenrullaus .....	9
4.3 Paperirullan pakkauskone SRW3800.....	10
4.3.1 Automaatio .....	10
4.3.2 Valvomo .....	11
4.3.3 Kuljettimet, rampistot ja kääntimet .....	12
4.3.4 Mittaus ja viivakoodin luku.....	14
4.3.5 Käärintä ja sisäläpatus .....	15
4.3.6 Vaippamerkkaus ja vaippaetiketöinti .....	16
4.3.7 Ulkolappujen laitto ja paisto .....	17
4.3.8 Päätyetiketöinti .....	18
4.3.9 Siirto varastoon rullarampistolle .....	19
4.3.10 Pystyynnosto ennen trukkikuljetusta varastossa .....	20
4.4 Kunnossapito .....	21
4.5 Toimintapa Anjalan paperitehtaalla .....	23
<b>5 Tutkimusmenetelmät .....</b>	<b>25</b>
5.1 Kehittämistutkimus ja tutkimuskysymykset .....	25
5.2 Aineiston keruu .....	26
<b>6 Järjestelmän optimointi.....</b>	<b>26</b>
6.1 Nykytilan kartoitus .....	26
6.2 Paperirullapakkaamon ongelmat ja optimoinnin tavoitteet .....	29
6.3 MES tehdastietojärjestelmän pakkaamon osuuden kehitys.....	35

	2
<b>7 Tulokset ja niiden tarkastelu .....</b>	<b>41</b>
7.1 Virheen havainnointi .....	41
7.2 Tavoitteiden saavutus ja tutkimuksen luotettavuus.....	41
7.3 Muut mahdolliset esille tulleet kehitysideat.....	42
<b>8 Johtopäätökset ja toimeksiantajan näkemys.....</b>	<b>44</b>
8.1 Johtopäätökset .....	44
8.2 Toimeksiantajan näkemys .....	45
<b>9 Pohdinta.....</b>	<b>46</b>
<b>Lähteet .....</b>	<b>50</b>
<b>Liitteet.....</b>	<b>53</b>
Liite 1. Pohjakuva pakkaamosta .....	53
Liite 2. Jälkikäsitteilyn kuljettimet ja pituusleikkurit .....	54
Liite 3. Tilatietojen syyt pakkaamo .....	55
Taulukko 2. Päiväanalyysi paperikoneittain rullatuotannosta. ....	56
 <b>Kuviot</b>	
 Kuvio 1. Paperirullan pakkauskone SRW3800 .....	10
Kuvio 2. Pieni lamellinen kuljetin.....	12
Kuvio 3. Välirampisto .....	13
Kuvio 4. Punnitus ja keskitysasema .....	15
Kuvio 5. Käärintäasema .....	16
Kuvio 6. Vaippaviivakoodimerkkaus .....	17
Kuvio 7. Päätylappujenpaistoasema.....	18
Kuvio 8. Päätyetiketöinti.....	19
Kuvio 9. Pystyynnostin .....	20
Kuvio 10. Kunnossapidon rakenteen muodostuminen. ....	21
Kuvio 11 Pakkaamon SAP-ilmoitukset vuosina 2011 – 2019.....	22
Kuvio 12. Jatkuvan parantamisen kehä .....	24
Kuvio 13 Pakkaamoon syöttävien kuljettimien ajotapavalinnat .....	27

Kuvio 14. Epäonnistunut käärintä .....	33
Kuvio 15. Ote vanhasta päiväyhteenvedosta MES-tehdastietojärjestelmässä ....	36
Kuvio 16. Uuden päiväyhteenvedon muutokset MES-tehdastietojärjestelmässä .....	38
Kuvio 17. Pituusleikkuri 1 ja 2 kuljetinketju, kuvattuna pituusleikkuri 2 suunnasta .....	44

## **Taulukot**

Taulukko 1. Pakkaamon vaihe aikataulukko .....	28
Taulukko 2. Päiväanalyysi paperikoneittain rullatuotannosta. ....	56

## Sanasto

**Etiketöinti** = Paperirullaan liimattavat pääty- ja sivuetiketit pakkauksessa. Etiketistä ilmenevät mm. laji, rullanmassa ja tuottanut tehdas.

**Hylky** = Hylätty, uudelleen rullaukseen kelpaamaton asiakaspaperirulla tai esimerkiksi sävyltään virheellinen konerulla.

**Hylsy** = Asiakasrullan sisään tuleva kovapahvinen putki, joka mahdollistaa paperirullan kiinnityksen esimerkiksi painokoneeseen.

**Jälkikäsitteily** = Konerullan valmistumisen jälkeen tapahtuvat tuotantovaiheet. Niitä ovat esimerkiksi pituusleikkaus ja pakkaus.

**Konerulla** = Paperikoneelta tampuuriraudalle muodostuva paperikoneen levyinen rulla valmista paperia.

**MES** = Manufacturing excecuting system. ABB:n tarjoama teollisuuden tuotannonohjausjärjestelmä.

**Muutto** = Pituusleikkauksessa olevan tampuurin sen hetkiset leikkauksessa olevat rullat.

**PL** = Pituusleikkuri.

**PLC** = Programmable logic controller, ohjelmoitava logiikka.

**Pukkari** = Työnnin, joka työntää paperirullan esim. seuraavalle rullakuljettimelle.

**Pulpperointi** = Hylkyyn menneen paperin valmistelu takaisin massaksi, josta osa voidaan syöttää, lajista riippuen, uuden massan sekaan.

**SAP** = Tehtaassa käytössä oleva toiminnanohjausjärjestelmä.

**Seisokki** = Paperikoneen pysäyttämistä seuraavaa tilaa kutsutaan yleisesti seisokiksi.

**SST** = Sähkö- ja säätötekniinen, käytetään yleisesti terminä puhuttaessa sähköautomaatiosta.

**Tampuuri** = Konerullan sisällä oleva rautasylinteri, johon paperi sen valmistuessa kääriytyy.

**URK** = Uudelleenrullauskone.

**Uudelleen rullaus** = Virheellisesti pituusleikkauksessa rullautuneen paperirullan uudelleen rullaus asiakasrullaksi.

# 1 Johdanto

Stora Enson Anjalan paperitehtaassa Kouvolassa toimii kaksi pääasiassa kirjapaperia, aikakauslehtipaperia ja parannettua sanomalehtipaperia valmistavaa paperikonetta, jotka tuottavat 435 000 tonnia paperia vuodessa. Tehdas työllistää noin 300 henkilöä, ja lisäksi useita ihmisiä eri alihankkijoiden kautta. (Anjalan tehdas. n.d.)

Tehtaassa on yksi paperirullapakkaamo, jonka tulisi pakata paperirullia sitä mukaa, kun niitä valmistuu. Paperirullapakkaamon toiminta tuotannon tahdissa on kriittinen, sillä toimimaton pakkaus seisauttaa nopeasti koko tehtaan tuotannon.

Pakkauskoneelta lähtevä seisahtuminen etenee nopeasti pituusleikkureille edeten paperintuotantoon ja lopulta vaikuttaen massanvalmistukseen seisokin pitkittyessä.

Oman lisänsä paperirullapakkaamoon sujuvan toiminnan tärkeydelle toi opinnäytetyön aikaan vasta uusittu pituusleikkuri 1, jonka on määrä leikata 70 % paperikone 2:n tuotannosta.

Jo ennestään havaittuja ongelmia olivat mm. arkkikatkot, tuotannolliset häiriöt ja muutokset vaiheajassa, jotka hidastavat pakkaamon tuotantoa. Opinnäytetyön tutkimuksen tarkastelujaksolla todettiin paperirullatuotannon olevan erittäin häiriöherkkä pakkaamon pidemmille äkillisille keskeytyksille. Ongelmaksi todettiin myös suunnitelmattomien pysähdyksien raportoinnin puute. Tiedossa ei ollut kuinka paljon pakkaamo todellisuudessa oli toiminnassa.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää syitä, jotka heikentävät paperirullapakkaamon tuotantotehokkuutta, ja etsiä keinoja, joilla paperirullapakkaamon toimintaa voitaisiin tehostaa minimoiden joutokäyntiaika. Tavoitteena oli siis optimoida paperirullapakkaamon toimintaa ja saada selville kohteita, jotka alentavat tuotantotehokkuutta.



## 2 Suomen paperiteollisuus ja Stora Enso

Suomessa toimi vuonna 2018 50 paperiteollisuuteen kuuluvaa tehdaskokonaisuutta. Näistä 20 valmisti paino-, erikois- tai pehmopapereita, 17 tehdasta kartonkia ja loput 19 massaa. Yleisesti massatehtaan läheisyydessä toimii myös paperi- tai kartonkitehdas. (Ohtonen 2018, 1-2.) Lisäksi Suomessa sijaitsee useita koepaperikoneita, joilla pyritään mm. uusien paperinvalmistusratkaisuiden, kuten telojen, kehitykseen ennen markkinointia asiakkaalle. Koepaperikoneen erottaa oikeasta paperikoneesta ainoastaan pienempi koko. (Seppälä, 2015.)

Metsäteollisuus työllistää Suomessa merkittävän määrän ihmisiä, suoraan n. 42 000 ihmistä ja välillisesti alihankinnan kautta n. 140 000 työntekijää. Tästä seuraava valtion verokertymä on lähes neljä miljardia euroa. Kaksi kolmasosaa metsäteollisuuden työllistämistä henkilöistä työskentelee paperiteollisuuden parissa (Massa- ja paperiteollisuus, 2018). Suomessa tuotetusta paperista ja kartongista jopa 95 % suuntautui vientiin. Suomi tunnetaan maailmalla laadukkaiden paperivalmisteiden edelläkävijämaana. (Metsäteollisuuden toimialakatsaus, 2017. 3-4.; Metsäteollisuus, 2018.)

Opinnäytetyön toimeksiantaja Stora Enso on Suomen merkittävimpiin paperiteollisuuden kuuluva toimija. Euroopassa konserni on tuloksessa mitattuna toinen. Konserni muodostuu kuudesta eri divisioonasta, joita ovat Packaging Materials, Packaging Solutions, Biomaterials, Wood Products, Forest ja Paper. Paperidivisioonan erityispiirteenä on tarjota laadullisesti ensiluokkaista paperia median, kirjapainon ja toimistojen käyttöön. Paperia valmistetaan kierrätyskuidusta ja puusta saatavasta ensikuidusta. Stora Enso käyttää puuta 38,7 milj. kuutiota vuodessa ja kierrätyspaperia 2,5 milj. tonnia ja tuottaa tästä 10,3 miljoonaa tonnia kartonkia, sellua ja paperia sekä 6 milj. kuutiota puujalostustuotteita, kuten sahoilta saatavia lautoja. (Stora Enso vuonna 2018, 2019, 1-20.)

Konsernin liikevaihto maailmanlaajuisesti vuonna 2018 oli 10,5 miljardia euroa. Se työllisti suoraan 26 000 työntekijää yli 30 eri maassa, joista suurin osa, 25 %, Suomessa. Euroopan osuus liikevaihdosta oli 73 %. Liikevaihdosta oli 29 % paperidivisioonan osuutta, johon kului 19 % konsernin henkilöstöresursseista. Yritys on

listautunut Helsingin ja Tukholman pörssiin. (Divisioonat. n.d.; Stora Enso vuonna 2018, 2019, 1-20.)

### 3 Pituusleikkaus ennen pakkausta

Ennen pakkausta tulee paperikoneelta saatu konerulla pituusleikata. Anjalassa konerulla (PK3) on aukirullauksessa 8,75 m leveä ja trimmityksessä maksimissaan 8,55 m leveä, jolloin yhdestä paperikonerullasta muodostuu monta asiakaspaperirullaa. Konerullat siirretään pituusleikkaukseen suurilla, koko tampouria päistään kannattavilla siltanostureilla. Nosturin siirrettyä konerullan pituusleikkurin varastopukeille etenee rulla siitä leikkaustilanteen mukaan pituusleikkaukseen. Tätä varastopukeille kertyvää tampoerien määrää kutsutaan kassaksi. Kassan kertyminen leikkuripukeille onkin eräs jälkikäsitteilyn haasteista, sillä jos jälkikäsitteily ei kulje paperikoneiden tahdissa, aiheutuu siitä rautapula. Rautapulaa eli tyhjien tampourirautojen loppumista kesken seuraa aina paperikoneen ei toivottu alasajo.

Pituusleikkauksen tavoitteena on tuottaa asiakkaalle sopiva yksikköpaperirulla, jonka leveyden, halkaisijan ja sisähylsyn koon määrittää asiakas ja asiakkaan käyttämät laitteistot. Pituusleikkauksessa paperiraina rullataan pois tampoerilta ja uudelleen rullataan haluttuun leveyteen leikattuna kovapahvisen sisähylsyn ympärille. Koska konerulla sisältää jopa 100 km käärittyä paperia, valmistuu siitä yli sata asiakasrullaa, jos asiakasrullan paperipituus on esim. 6500 m paperia rullassa. (Jälkikäsitteily – tiivistelmä. n.d.) Tätä asiakasrullien vaihtotapahtumaa, jossa samasta konerullasta leikataan useita asiakasrullia, kutsutaan muutoksi. Muutosten määrä saadaan yksinkertaistettuna laskettua siitä, kuinka paljon tampoerilla on paperia jakamalla se asiakasrullan sisältämällä paperinpituudella ja vähentämällä siitä pohjahylsyn arvioitu määrä. (Pituusleikkauksen hallinta. n.d.) Luonnollisesti asiakasrullien paperipituudet voivat vaihdella eri muutosten kesken, joten ennen varsinaista pituusleikkausta edeltää konerullan trimmitys. Trimmityksessä eli asetteiden suunnittelussa pituusleikkurille määritellään paperirainan käyttö niin, että paperin hävikki olisi mahdollisimman pieni pituusleikkauksessa. Tuotannonsuunnittelija sommittelee sopivat rullat samalle muuttolle minimoiden reunanauhahylsyn eli trimmihäviön määrän. (Tuotannonsuunnittelu

– Trimmitys. n.d.) Pituusleikkauksessa suoritetaan paperirullan viimeinen tarkastelu ennen sen siirtymistä pakkaukseen. Ennen varsinaista rullausta tulee pituusleikkurille antaa halutut ajoparametrit. Ajoparametreillä tarkoitetaan yksikkörullaan vaikuttavia ominaisuuksia, joita ovat mm. rullausnopeus, rainankireys, rullausvoima ja painotela-kuorma. Ajoparametrien säätö on mahdollista myös itse ajon aikana, jollei paperiraina kulje toivotulla tavalla. Automaatio pyrkii säätämään rullaustapahtumaa siten, että mittaukset vastaavat rullaustapahtumalle asetettuja parametrejä. Pituusleikkausta voivat haitata paperirainan katkeamiset leikkauksessa, jolloin paperiraina katkeaa ennen valmista lopputuotetta eli asiakasrullaa. Tämä aiheuttaa alimittaisen paperirullan, joka joko hylätään tai ohjataan URK:lle. Lisäksi se vaikeuttaa ja hidastaa pituusleikkausta merkittävästi. (Pituusleikkauksen tavoitteet. n.d.; Patrikainen 2008.)

Pituusleikkurin saatua leikattua paperirainan haluttuun leveyteen, ja rullakokoon tai asiakasrullan rainanpituuteen, tapahtuu muutonvaihto. Muutonvaihdossa pituusleikkaus pysähtyy, paperiraina katkaistaan ja valmiit asiakasrullat vapautetaan pituusleikkauksesta kuljetettavaksi kuljettimia pitkin pakkaukseen. Ennen siirtymistä pakkaukseen liimaa operaattori rullaan viivakooditarran, josta seuraavassa vaiheessa saadaan yksilöityä rullan tiedot pakkauksessa. Operaattori voi myös tässä vaiheessa lähettää rullan uudelleenrullaukseen tai kokonaan hylätä paperirullan. Uudelleen rullauksessa paperirulla nimensä mukaisesti rullataan uudestaan. Kun paperirullat ovat saaneet tunnisteen, vapauttaa operaattori ne eteenpäin kuljetettavaksi lamellikuljettimille kohti pakkausta, uudelleenrullausta tai hyllytystä. (Pituusleikkauksen tavoitteet. n.d.; Patrikainen 2008.)

## **4 Rullan käsittely**

### **4.1 Anjalan tehdas**

Paperirullan saavuttua pituusleikkauksesta tai uudelleenrullauksesta, on sen aika edetä pakkaamoon. Pakkaamossa paperirulla pakataan eli kääritään kartonkikäreeseen, jotta se kestäisi varastoinnin ja kuljetuksen ennen toimitusta asiakkaalle. Rullan

täytyy kestää vaurioitumattomana usein näiden lisäksi useampi terminaalikäsitteily, mahdollinen merimatka ja varastointi asiakkaan tiloissa, ennen päätymistä lopputuotteeksi kirjan-, sanomalehden- tai tapetinvalmistukseen. Paperirulla tulee myös suojata mahdolliselta kosteudelta matkan ja varastoinnin ajaksi, joten tämän vuoksi pakkaus tulee olla tiivis ja kosteussuljettu. Pakkauksen yhteydessä rullaan saadaan tunnistetiedot, joita käytetään sen yksilöimisessä matkalla asiakkaalle. Tunnistetiedot merkitään ns. vyöviivakoodiin ja rullassa oleviin tunnistelappuihin eli etiketteihin. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2003, 240–244; Rautiainen 2009, 314–315.)

## 4.2 Rullan eteneminen pakkaukseen

Konerullan pituusleikkauksen tuloksena syntynyt asiakaspaperirulla etenee kohti pakkaamoa lamellikuljettimia pitkin. Matkalla paperirullan suuntaa voidaan tarvittaessa kääntää, pukata tai vastaanottaa. Tämän olisi kuitenkin tapahduttava niin, ettei rullan paperipinta rikkoontuisi, sillä tämä voi aiheuttaa merkittäviä ongelmia pakkauksessa. Rikkoontunut rullan pinta voi aiheuttaa arkkikatkon pakkauksessa. Arkkikatkon seurauksena on lähes aina epäonnistunut käärintä. Rullan lähtöasemat sijaitsevat aina pituusleikkureilla ja etenevät siitä joko pakkaukseen, uudelleenrullaukseen tai hylkäykseen. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2003.)

### 4.2.1 Hylkäys ja uudelleenrullaus

Hylätty paperirulla voidaan, laadusta riippuen, joko pulpperoida uudestaan paperimassaksi tai polttaa. Polttaminen tulee kyseeseen ainoastaan silloin, kun hylätty paperirulla on muista paljon poikkeavaa laatua tai se ei liimauksen takia pulpperoidu. Uudelleenrullauksessa paperirulla nimensä mukaisesti rullataan uudestaan. Tähän voi olla syynä mm. rullan sivussa sijaitseva profiilivirhe, jossa rullan sivu ei ole rullautunut tasaisesti, vaan on rullauksen tuloksena muodostunut ”aallokolle”. Muita paperin hylkäykseen johtavia vikoja on useita. Näitä ovat mm. reiät, kreppiryngyt, satikat, puhkeamat, risat ja muut lopputuotteen laatuun vaikuttavat virheet. Osa näistä esiintyy vain konerullilla ja vaikuttaa siten konerullan trimmityksessä syntyvään häviöön tai hylkäykseen. (Rullaviat. n.d.)

### 4.3 Paperirullan pakkauskone SRW3800

Anjalan tehtaalla käytössä oleva pakkauskone on Saimatec Engineering Oy:n, nykyisin Uproval Oy:n valmistama paperirullien pakkaukseen suunniteltu konekokonaisuus (ks. kuvio 1). Pakkauskoneen tehtävänä on pakata paperitehtaan rullatuotanto valmiiksi lähetettäväksi eteenpäin asiakkaalle. Valmistajan mukaan nopeaksi suunnittelun pakkauskoneen tulisi riittää jopa 4000 rullan päiväpakkausvauhtiin ja sen suunnittelussa on pyritty huomiota kiinnittämään luotettavuuteen. (Robowrap twin. n.d.)



Kuvio 1. Paperirullan pakkauskone SRW3800 (Robowrap twin. n.d.)

#### 4.3.1 Automaatio

Pakkauskoneen automaatio on toteutettu Siemens Simaticin S7 Programmed logical controls -automaatiota hyödyntäen. Siemens S7 on Siemensin tarjoama ohjelmoitava logiikka-automaatiojärjestelmä. Automaatiosta on myös rajapintayhteys tehtaan tuotannonohjausjärjestelmään, Anjalassa käytössä olevaan ABB:n MES:iin. Automaatiojärjestelmän logiikka kommunikoida hakee tarvittavat tiedot rullasta pakkausta varten. (Pakkaamon käyttöohjekirjat 2008.)

Automaatio ohjaa järjestelmää erilaisten raja- ja tunnistetietojen perusteella. Käytössä ovat mm. seuraavat tunnistustekniikat: valoverhot, valokennot, laser ja fyysiset

rajatunnistimet. Näiden tietojen avulla saadaan rullien etenemä sujumaan jouhevasti. Ennen pakkausta rullasta luetaan viivakoodi, joka kertoo pakkauskoneelle, kuinka rulla tulisi pakata. Samalla pakkauskoneelle siirtyy tieto päätylapputulostusta varten. Rullan paino punnitaan ennen pakkausta, ja se siirtyy rajapintayhteyden kautta MES-tehdastietojärjestelmään. Tämä paino tulostuu myöhemmin liimattavaan etikettiin.

#### 4.3.2 Valvomo

Paperirullapakkaamon kuten muidenkin automaatioprosessien, toimintaa tulee automaatiosta huolimatta valvoa. Tämä tapahtuu ensisijaisesti valvomosta. Valvomo on, prosessista riippuen, prosessin viereen sijoitettu huone tai itsenäinen ”rakennus”, josta on näkö- tai videoyhteys, yleensä molemmat, prosessiin. Valvomoon on myös yleensä sijoitettu prosessin ohjaukseen ja valvontaan liittyviä tietokonemonitoreita, joista operaattorilla on mahdollisuus puuttua prosessin toimintaan hiirtä ja näppäimistöä hyväksikäyttäen. Näihin monitoreihin on sijoitettu automaatiojärjestelmän käyttöliittymä tai esim. valvontakamerakuva. Myös ohjauspulpettityyppiset ratkaisut ovat yleisiä, joissa sijaitsee yleensä prosessin toiminnan kannalta keskeisiä painikkeita, kuten esim. pysäytys-, hätäseis- ja käynnistuspainikkeet. Valvomosuunnittelu on tärkeä osa valvomon toteutusta, sillä se on paikka, jossa operaattori viettää pääosan työvuorostaan. (Suomen Automaatioseura ry 2010, 22–53.)

Valvomosta operaattori eli laitteen sen hetkinen käyttäjä, valvoo laitteen pääasiassa automaation toimintaa, jotta se toimisi oikein ja johdonmukaisesti. Tällä pyritään siihen, että mahdollisen häiriön sattuessa laitteiston toiminta saataisiin mahdollisimman nopeasti keskeytettyä, jollei automaatio keskeytä sitä itse. Osaltaan myös siihen, että operaattori säätää prosessissa sellaisia osa-alueita, joita automaatio itse ei osaa säätää. Operaattorin tehtävänä on myös, häiriöstä riippuen, pyrkiä poistamaan häiriön aiheuttanut syy, jollei automaatio osaa itse tehdä sitä. Näitä voivat olla mm. paperinpalat valosilmissä tai epäonnistunut käärintä. Nykyisin moni operaattori on myös moniosaaja siinä määrin, että he kykenevät selvittämään ja poistamaan myös yksinkertaisia kunnossapidollisia vikoja. Näitä voivat olla mm. vikaantuneet turvara-

jat, jolloin ns. käyttäjäkunnossapitäjä voi vaihtaa ne uuteen. Tämä mahdollistaa nopeamman paluun tuotantoon etenkin ajankohtana, jolloin varsinaista kunnossapitoa ei ole paikalla. (Suomen Automaatioseura ry 2010, 22–53.)

#### 4.3.3 Kuljettimet, rampistot ja kääntimet

Lamellikuljetin on paperirullan kuljettamiseen suunniteltu kuljetinjärjestelmä, jolla siirretään paperirullia pituusleikkureilta pakkaamoon, uudelleenrullaukseen tai päinvastoin uudelleenrullauksesta pakkaukseen. Lamellikuljetin koostuu nimensä mukaisesti teräslamelleista, jotka ovat kiinni ketjussa, joka taas pyörii hammaspyörien ympärillä muodostaen jatkuvan kuljetinradan (ks. kuvio 2).



Kuvio 2. Pieni lamellinen kuljetin



Anjalan paperitehtaalla lamellikuljettimia on kahta eri kokoa, isolamellisia kuljettimia ja pienilamellisia. Näiden keskeisin ero on rakenteessa, joka isolamellisessa on järeämpi. Lamellikuljettimet ovat taajuusmuuttajamoottoriohjattuja, ja niiden toimintaa hallitsee automaatiologiikka. Automaatiologiikka ohjaa lamellikuljettimia erilaisen valoverhojen ja valosilmien avulla. Lisäksi tehtaassa on käytössä muutama kummimattokuljetin, jossa lamellien sijaan kehällä pyörii paksu teollisuuskuminen matto, jonka päällä paperirullat kulkevat. (4. Metsä- ja energiateollisuuden ketjut. n.d.)

Paperitehtaassa rampistoiksi kutsutaan vastaanottimia, työntimiä, pukkareita ja kei-nulautoja (ks. kuvio 3). Näiden tehtävänä on siirtää rullaa vaakasuunnassa työntäen, vierittäen tai vastaanottaen vierityksestä, toisin kuin lamellikuljetin kuljettaa rullaa aina hylsyn suunnassa. Paperirullat kulkevat näitä linjoja pitkin kohti pakkaamoa, URK-salia tai hylkygiljotiinia. (Häggblom-Ahnger & Komulainen, 2003.)



Kuvio 3. Välirampisto



#### 4.3.4 Mittaus ja viivakoodin luku

Paperirullan lähestyessä pakkaamoa luetaan siitä operaattorin asettama viivakooditarra. Tästä viivakooditarrasta saadaan yksilöidyt tiedot rullasta, joilla mahdollistetaan rullakohtainen oikeanlainen pakkaus. Viivakoodin pohjalta saadaan luettua mm. seuraavia järjestelmään tallennettuja tietoja: rullan valmistanut paperikone ja tehdas, leikannut pituusleikkuri, paperilaatu, valmistusvuosi, pituus, halkaisija, leveys, paperin neliöpaino, sisähylsyn halkaisija ja asiakas. Näiden tietojen perusteella muodostetaan ajo-ohje pakkauskoneelle. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2003.)

Ennen rullapakkausta paperirulla punnitaan rampistolla sijaitsevalla vaa'alla (ks. kuvio 4). Tällä tavoin saadaan tarkka tieto paperirullan painosta, joka siirretään tuotannonohjausjärjestelmä MES:sin kautta ensin vaippaetikettilapputulostimelle ja rullan edettyä päätylapputulostimelle. Siirto tuotannonohjausjärjestelmän kautta myös täydentää viivakoodille tiedon painosta. Samassa tilanteessa paperirullasta mitataan leveys ja halkaisija. Näitä tietoja vertaillaan MES-tehdastietojärjestelmässä oleviin tietoihin, ja tietojen poiketessa niistä tulostuu virhetilanteen syy. Operaattorin tehtävä virhetilanteessa on todeta virhetilanne ja toimia tarkastusohjeen mukaisesti.



Kuvio 4. Punnitus ja keskitysasema

#### 4.3.5 Käärintä ja sisälaputus

Jotta paperirulla kestäisi toimitusketjun rasitukset, tulee se pakata. Ensimmäinen vaihe rullan pakkauksessa on sisälappujen asetus manipulaattoreilla paperirullan päätyihin. Robotti nostaa sisälaput manipulaattoreihin eli toimintaan suunniteltuihin siirtokelkkoihin, ja tämän jälkeen manipulaattori vie lapun rullan pätyyn ja painelma puhalttaa lapun kiinni rullaan. Aaltopahvisten päätylappujen tehtävänä on suojata rullaa sen päätyihin kohdistuvilta voimilta, kuten kiviltä joita esim. kuorma-auton, junan tai laivan lattialla voi sijaita. Sisäpäätylaputuksen jälkeen seuraa heti perään käärintä, jossa paperirullan ympäri kääritään ruskea pakkauskartonki 2,2 kertaisesti rullan ympäri. Käärintäasema (ks. kuvio 5) saa ohjeet sitä ohjaavalta logiikalta, johon ne on siirretty kommunikaatioyhteyden avulla MES-tuotannonohjausjärjestelmästä. (Häggblom-Ahnger & Komulainen 2003.)

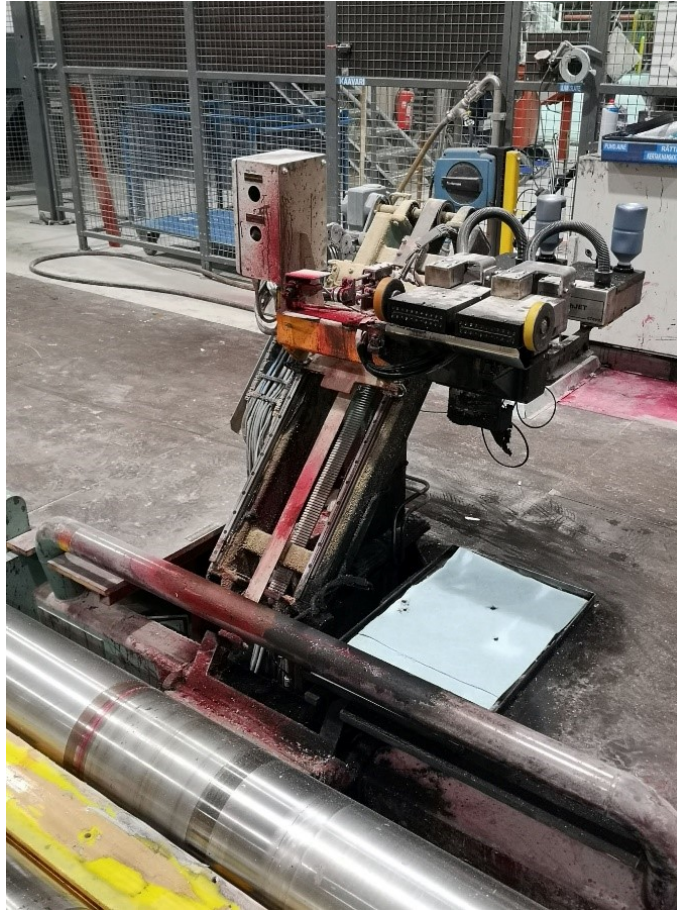


Kuvio 5. Käärintäasema

#### 4.3.6 Vaippamerkkäus ja vaippaetiketöinti

Käärinnän valmistuttua paperirulla siirtyy vaippamerkkäukseen ja sivuetiketöintiin. Tässä vaiheessa rullaa pyöritetään kahden telan päällä ja pyöriksen aikana rullaan tulostetaan sama viivakoodi jatkuvana vyönä lähes koko rullan ympäri (ks. kuvio 6). Viivakoodi kertaautuu tällä tavoin rullan ympäri useaan kertaan ja mahdollistaa rullan tunnistuksen, vaikka molemmat etiketit olisivat pudonneet ja osa rullan sivuun mer-

katusta viivakoodista olisi vaurioitunut. Jos samaan pakkaukseen on pakattu parirullat, merkataan sen merkiksi punainen raita. Samaan aikaan rullan sivuun liimataan A3 kokoinen etiketti, jossa yllä mainitut tiedot ovat yksilöitynä. (Rautiainen 2009.)



Kuvio 6. Vaippaviivakoodimerkkaus

Kirjoittimen jälkeen viivakoodit luetaan laserlukijalla. Mikäli viivakoodi ei ole luettavissa, syttyy sen seurauksena valvomon hoitopulpetissa hälytysvalo ja samalla pakkaamon toiminta keskeytyy, kunnes siitä aiheutunut häiriö kuitataan. (Heikkilä 2011.)

#### 4.3.7 Ulkolappujen laitto ja paisto

Viimeinen vaihe rullan varsinaista pakkausta on paistaa paperirullan päätyihin ulkolapput. Ulkolappujen tehtävänä on vahvistaa suojausta herkille paperirullan päädyille.



Pienikin kivi voi aiheuttaa painuessaan rullaan paperirainan repeämän, joka aiheuttaa yleensä painokoneessa kulkiessaan paperiradan katkeamisen ja painotyön keskeytymisen. Alttiutta tälle lisää se, että paperirullia varastoidaan yleensä pystyasennossa. Ulkolappujen paisto tapahtuu robotin asettamien ulkolappujen kiinnipainamisella lämpölevyllä rullaan (ks. kuvio 7). Nämä lämpölevyt sulattavat ulkolappujen pintaan ruiskutetun liiman ja liimautuvat paperirullan päätyihin kiinni, muodostaen kosteutta eristävän pakkauksen koko rullan ympärille. (Hägglblom-Ahnger & Komulainen 2003.; Rautiainen 2009.)



Kuvio 7. Päätylappujenpaistoasema

#### 4.3.8 Päätyetiketöinti

Paiston jälkeen vielä ennen matkaa varastolle rullaan liimataan toinen etiketti, rullanpäätyetiketti. Tätä toimintoa varten linjastossa on päätyetikettien liimaamiseen

suunniteltu laite (ks. kuvio 8). Tähän etikettiin tulostetaan samat tiedot kuin aiem-  
paan vaippaetikettiin. Kahdennetut etiketit lisäävät tunnistusvarmuutta ja helpotta-  
vat rullien seurantaa eri vaiheissa matkalla asiakkaalle. (Rautiainen 2009.)



Kuvio 8. Päätyetiketöinti

#### 4.3.9 Siirto varastoon rullarampistolle

Rullan saatua päätyetiketin siirtyy rulla lamellikuljetin pitkin kääntöasemalle, joka kääntää rullan menosuunnan kohti paperirullahissiä. Paperirullahissi on erikoishissi, jossa hissin pohjan sijaan on pätkä lamellikuljetinta. Lamellikuljetin vastaanottaa rullan toiselta lamellikuljettimelta, ja hissi laskee rullan alakertaan. Kun rulla on saapunut varaston puolelle kumikuljetinta pitkin, pukkaa pneumaattinen pukkari sen pois kumikuljettimelta oikeassa kohdassa rullarampistoa. Rullat järjestellään rampistolla siten, että yhden asiakkaan tilaamat rullat ovat samassa pinossa. Eri paperilaatuja ja

rullakokoja ei sekoiteta keskenään, vaikka asiakas tilaisikin eri laatuksia ja erikokoisia rullia. Rampiston saatua kerättyä tarvittavan määrän rullia vapautetaan ne taas kumikuljettimelle, josta ne etenevät viimeiseen vaiheeseen eli pystyyn nostoon, ennen trukkikuljetusta varastossa. (Rautiainen 2009.)

#### 4.3.10 Pystyynnosto ennen trukkikuljetusta varastossa

Rullarampiston päässä sijaitsee erityinen rullien pystyyn nostoon suunniteltu laite (ks. kuvio 9). Kun rampisto on tullut täyteen tai asiakastilaus on saatu valmiiksi, vapauttaa rampisto ne pystyyn nostimelle. Kumikuljetin kuljettaa ne pystyyn nostimelle, joka nostaa paperirullat vaaka-asennosta pystyasentoon. Vielä ennen pystyyn nostoa paperirullaa pyöritetään siten, että viivakoodi on kohti lukijaa, jotta se voidaan vielä tässä vaiheessa tarkastaa. Pystyyn nostin pyrkii tekemään aina kolmen rullan pinoissa ja kahden pinon nipuissa olevia paketteja valmiiksi trukkikuljettajalle. Tällä mahdollistetaan ison varastotrukin maksimaalinen kapasiteetti. Nipun valmistuttua hakee trukki sen ja kuljettaa varastossa määritetylle paikalleen. Varaston tilannetta hallitaan ABB:n MES-järjestelmän avulla, johon on mm. paikoitettu varastossa sijaitsevien paperirullien paikat, lähtö- ja lastausjärjestykset. (Rautiainen 2009.)



Kuvio 9. Pystyynnostin

#### 4.4 Kunnossapito

Kuten kaikki teollisuuden järjestelmät myös paperirullapakkaamo rullaratoineen vaatii kunnossapitoa. Kunnossapitoa on kahta erilaista. Ennakoitua ehkäisevää kunnossapitoa sekä korjaavaa kunnossapitoa, joka korjaa häiriön aiheuttaneen laitteen silloin, kun laite oikeasti vikaantuu. Ehkäisevällä kunnossapidolla pyritään tunnistamaan ja korjaamaan määrävälein ilmeneviä vikoja, ennen kuin ne aiheuttavat tuotantollisia ongelmia. Tämä tarkoittaa sitä, että esimerkiksi jos jokin laitteen osa kuluu loppuun tietyn aikavälin kuluessa, ja ennen loppuun kulumistaan se vaihdetaan hallitusti. Ennakoivan kunnossapidon piiriin voidaan myös laskea määräajoin tehtävät voitelutyöt ja tarkastuskierrokset. Häiriölähtöisessä kunnossapidossa pyritään mahdollisimman nopeasti tunnistamaan ja korjaamaan häiriön aiheuttanut laite, jotta tuotanto voi jatkua. Häiriölähtöisessäkin kunnossapidossa pyritään yleensä ennakoimaan tarvetta siten, että varaosa on jo valmiiksi varattu varastoon, vaikka tarkkaa ajankohtaa vaihtotarpeelle ei osata ennustaa. Tällä tavoin häiriöaika putoaa useilla tunneilla, kun varaosaa ei tarvitse alkaa etsiä tehtaan ulkopuolelta esim. jälleenmyyjältä. (Konkarikoski 2013.; Kunnossapidon sisältö ja tavoitteet. n.d.)



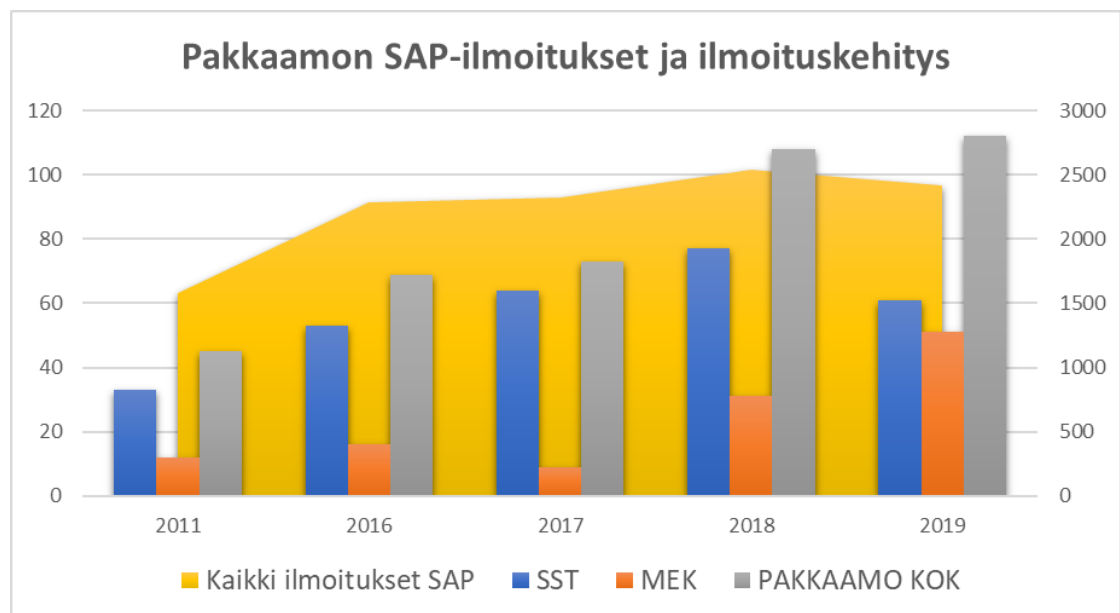
Kuvio 10. Kunnossapidon rakenteen muodostuminen.

Kuviossa 10. havainnollistetaan kunnossapidon rakenne yksinkertaistettuna. Kunnossapidon ja varaosien saatavuuden hallintaan paperitehtaalla on toiminnanohjausjär-



jestelmä, josta voidaan mm. seurata jonkun tietyn varaosanimikkeen käyttötaajuutta. Tätä järjestelmää hyödynnetään myös vikojen ja korjausten raportointiin. Tällä tavoin mahdollistetaan tarkka analyttinen kunnossapidon seuranta, jota voidaan hyödyntää mm. tulevien ennakkohuoltokohteiden suunnittelussa tai toistuvan vian syyseuraus analyysissa. (SAP tuotannonohjaus- ja raportointijärjestelmä 2020.)

SAP-raportointijärjestelmästä löytyy 489 kunnossapitoon liittyvää ilmoitusta viimeisen viiden vuoden ajalta. Näitä voivat olla tehdyt toimenpiteet, havaitut viat tai muut havainnot laitteiston toiminnasta ilmoitustyyppin mukaisesti. Näistä ilmoituksista 302 koski SST-tyyppisiä, eli sähkö ja säätötekniisiä aihealueita koskevia ilmoituksia ja 127 ilmoitusta mekaniikkaan kohdistuvista havainnoista ja toimenpiteistä.



Kuvio 11 Pakkaamon SAP-ilmoitukset vuosina 2011 – 2019

Kuviossa 11 on koostettuna viimeisen neljän vuoden ilmoitukset suhteessa yleiseen SAP-ilmoituskehitykseen, johon on pyritty panostamaan korostamalla ilmoituksen tärkeyttä. Vertailuvuotena on käytetty vuoden 2011 ilmoitusmääriä, jolloin pakkaamo on ollut muutaman vuoden tuotannossa. Voitiin todeta, että pakkaamon il-

moitukset ovat olleet pääosin SST-painotteisia. Mekaanisia havaintoja koskevia ilmoituksia, vuotta 2019 lukuun ottamatta, on reilusti vähemmän. Pohdittavaa on, alkaako mekaaninen kuluminen näkyä muutoksena ilmoituskehityksessä.

Sähkö-automaation osalta alue työllistää keskimäärin yhden henkilön noin neljäksi tunniksi päivittäin sisältäen tarkastuskierrokset, havainnot ja korjaukset. Ikääntyessään pakkaamo ei ole työllistänyt merkittävästi enemmän, sillä ikääntymiseen on pyritty vastaamaan ennakoidulla huollolla. Viime aikoina kuitenkin taajuusmuuttajien äkkivikaantuminen on lisääntynyt. Laputuksen robotit ovat selvästi jo yliaikaisia, ja tämä osaltaan altistaa häiriöille. Alkuperäiset laite- ja komponenttivalinnat ovat osaltaan vaikuttaneet siihen, että kunnossapitotarve on pysynyt alhaisena. (Tulkki 2020.)

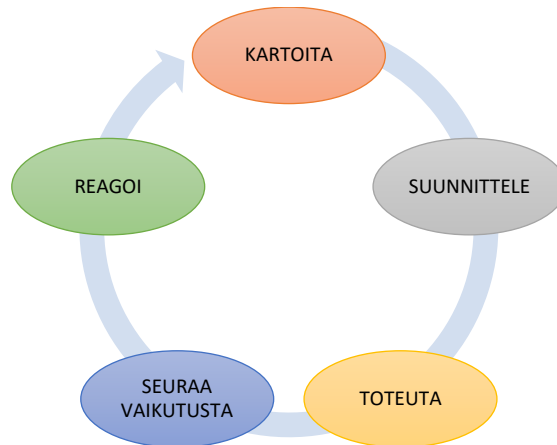
Mekaanisen puolen kunnossapitohaastattelun perusteella voidaan todeta alueen olevan kunnossapidollisesti haasteellinen lyhyiden yhtäaikaisten seisokkien vuoksi. Jos toisen paperikoneen tuotanto pidetään käynnissä, niin tällöin seisokkiin varattu aika on vain neljä tuntia. Havaittu varaosien puute korostaa ongelmaa lyhyeksi varatussa seisokkijassa, sillä lyhyt aikaväli ei mahdollista kuin vanhan osan vaihdon uuteen. Monissa laitteissa, kuten askelkuljettimessa, on havaittu mekaanisia kunnossapitoa estäviä rajoituksia, joiden vuoksi laitetta ei kyetä huoltamaan lyhyeksi varatussa seisokkijassa. (Timperi 2020.)

Kunnossapidon merkitys paperirullapakkaamon käytettävyydessä on yksi keskeinen osatekijä. Laiminlyöty ennakoiva kunnossapito näkyy lopulta laitteiston vikataajuuden kasvamisena. (Partanen 2020.)

#### 4.5 Toimintapa Anjalan paperitehtaalla

Anjalan paperitehtaan toimintamalli perustuu jatkuvaan parantamiseen. Lean-ajattelumallilla pyritään kustannusten minimoimiseen, laadun parantamiseen ja tehokkuuden lisäämiseen, hukan poistamiseen ja virtausten maksimointiin. Jatkuva ja päivittäinen parantaminen on osa sitä. (Laakkonen 2017, 17–18.) Osana tätä ajattelumallia hyödynnetään PCDA-ongelmanratkaisumenetelmää, jota myös opinnäytetyössä pyrittiin noudattamaan. PDCA-toimintamalli muodostuu seuraavista englannin

kielen sanoista: Plan, Do, Check, Act. Sitä selventää kuvio 12 suomenkielisistä vastineista kehän alkaessa suunnittelusta ja edeten siitä myötöpäivään. (Laatutyökaluja. n.d.)



Kuvio 12. Jatkuvan parantamisen kehä

Käytännössä tehdään päivittäisissä rutiineissa se tarkoittaa seuraavia painopisteitä: turvallisuus, asiakas, tuottavuus ja vastuullisuus. Näihin tavoitteisiin pyritään hyödyntämällä tähän tarkoitukseen luotuja työkaluja yhdessä toimintamallien kanssa. Esi-merkkinä voidaan mainita mm. reaaliaikaiset mittarit ja raportointi, joka tarkoittaa tuotantotilan seurantaan jokaisessa valvomossa. Tälle on määritetty selkeät tavoitearvot, joihin pyritään ja poikkeamat kirjataan ylös. Raportointi puolestaan tähtää siihen, että syy-seuraussuhde selviää myös myöhemmässä tarkastelussa, jolloin asia ei jää ainoastaan muistamisen varaan. Lisäksi tavoitteisiin pyrkimisessä auttavat suoriutumiskeskustelut, juurisyyanalyysit, yhtenäiset toimintatavat, ja siisteyden sekä järjestyksen ylläpito.

Näillä toimilla Anjalan paperitehtaassa pyritään jatkuvan parantamisen ketjuun, jolla on tarkoitus selkeyttää jokaisen työntekijän tuotannollista vaikutusta tuotantoketjun eri vaiheissa. (Anjala U2/PPS Toimintamalli 2019.)

## 5 Tutkimusmenetelmät

### 5.1 Kehittämistutkimus ja tutkimuskysymykset

Kvalitatiivisen kehittämistutkimuksen ensimmäisessä vaiheessa tutustutaan nykytilaan. Tässä opinnäytetyössä nykytilaa selvitettiin visuaalisesti havainnoimalla sekä haastattelemalla operaattoreita, työnjohtoa ja kunnossapitoa. Lisäksi apuna käytettiin MES- ja SAP-raportointijärjestelmästä saatavia tietoja mm. paperirullaseuranasta ja kunnossapidosta. Kehittämistutkimuksen malli soveltuu hyvin Anjalan paperitehtaalla käytössä olevaan jatkuvan parantamisen kehään. Kehittämistutkimus etenee tyypillisesti seuraavissa vaiheissa, joita tässä opinnäytetyössä pyrittiin seuraamaan:

→ Nykytilan kartoitus

Selvitetään järjestelmän tämänhetkinen toimintatila.

→ Tavoitetilan analyysi, ongelmakohtien tunnistus

Käydään läpi tahtotila ja pyritään tunnistamaan siihen pääsemiseen estävät ongelmat ja rajoitteet.

→ Parannusehdotus

Luodaan ratkaisuehdotus, jolla tahtotilaan voitaisiin päästä ja millä laitteiston toiminta paranisi.

→ Kokeilu, tekeminen, kehittäminen

Testataan ratkaisua käytännössä ja pohditaan tehtyjen toimien vaikutusta prosessiin.

→ Arviointi, mitä saatiin aikaan, tavoitteen täyttyminen

Käydään läpi, onnistuttiinko tehdyillä toimenpiteillä saavuttamaan haluttuja muutoksia ja annetaan ideoita jatkotoimenpiteistä.

→ Seuranta ja analyysi

Reagointi seurannan perusteella.

(Kananen 2015.)

Aiheesta muodostui kaksi olennaista tutkimuskysymystä:

**Mikä vaikuttaa paperirullapakkaamon toimintaan tuotantoa alentavasti?**

**Miten parantaa pakkaamon toimintaa niin, että pakkaamon tuotanto ei alentuisi?**

## 5.2 Aineiston keruu

Opinnäytetyön aineisto kerättiin tehtaan laitteiden dokumenteista, ABB:n MES-tuotannonohjausjärjestelmästä, SAP-raportointijärjestelmästä, käyttäjähaastattelusta ja havainnoista, valvontajärjestelmän videomateriaalista sekä omista visuaalisista havainnoista. Käyttäjähaastatteluilla päästään tilanteeseen, jossa myös ne ongelmat tulevat julki, joita ei jostain syystä ole raportoitu tai joita ei havaita visuaalisesti, koska ongelma esiintyy vain toisinaan. Käyttäjiä eli operaattoreita haastateltiin jokaisesta viidestä vuororyhmästä ja lisäksi havaintoja kysyttiin pakkaamosta vastaavalta mestarilta sekä pakkaamoon erikoistuneelta kunnossapitäjältä ja hänen esimieheltään. Näistä havainnoista kirjattiin muistiinpanot.

# 6 Järjestelmän optimointi

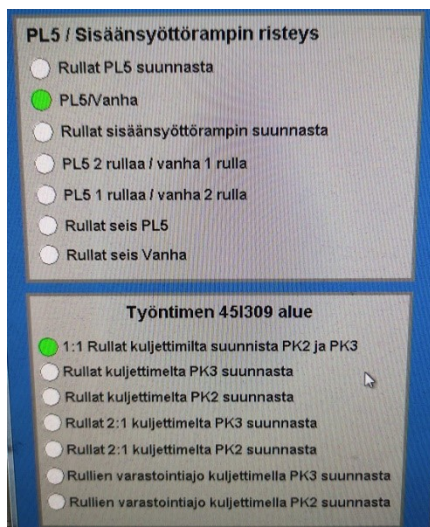
## 6.1 Nykytilan kartoitus

Nykytilassa järjestelmä toimii siten, että se pakkaa paperirullia automaattisesti, kun rullarampisto syöttää uuden rullan pakkaukseen. Pakkausta kohti syöttävä rullarampisto näkyy kuviossa 3 (s. 13). Pakkaus toimii itsenäisesti niin kauan, kunnes rullat loppuvat ja häiriö keskeyttää pakkauksen. Pakkaus keskeytyy myös silloin, kun operaattori pysäyttää pakkauskoneen huollon, puhdistuksen, pakkauskartonkikääreiden vaihdon tai päätylappujen lisäyksen vuoksi. Operaattorin ei ole mahdollista itsenäisesti nopeuttaa tai hidastaa pakkauskoneen toimintaa. Näin ollen pakkauskoneen läpimenoaika on suhteellisen vakio huomioon ottaen, että leveimmät paperirullat kääritään ns. limikääreeseen, sillä kääreleveys ei aina riitä yksinkertaiseen käärintään. Hieman rullapakkauksen nopeuteen vaikuttaa myös paperirullan halkaisija. Operaattorilla on myös mahdollisuus estää jonkin kääreleveyden käyttö pakkauksessa, jolloin

kone siirtyy automaattisesti ajamaan seuraavaksi sopivinta vaihtoehtoa rullaleveyteen nähden. Jollei sopivaa kääreleveyttä ole, niin automaatio siirtyy ko. rullaleveyden kohdalla limikäärintään.

Operaattorilla on mahdollisuus vaikuttaa rullatilanteen mukaisesti rampiston risteysten ajotapavalintaan ja siihen, että kytketäänkö rullien varastoajo URK-salin kautta päälle. Saman varastoajon voivat kytkeä päälle myös pituusleikkureiden 1 ja 2 operaattorit. Varastoajossa paperirullat ajetaan pidemmän kuljetinlenkin kautta, joka pidentää ja samalla hidastaa paperirullan matkaa pakkaamoon. Tämä antaa lisäaikaa esim. tilanteessa, jossa pakkaamon toiminta on syystä tai toisesta häiriintynyt.

Kuviossa 12 näkyvät nykyiset ajotapavalintamahdollisuudet. Liitteessä 1 on näitä selvittävässä pakkaamon layout-kuva, jossa työnнин 45I309 on ympyröity oranssilla ja PL5- ja sisäänsyöttörampin risteys sinisellä.



Kuvio 13 Pakkaamoon syöttävien kuljettimien ajotapavalinnat

Ajotapavalintaan vaikuttavat seikat ovat hyvin operaattorilähtöisiä, sillä jokaisella ihmisellä on luontainen tapa toimia hieman eri tavalla samanlaisessa tilanteessa. Ajotapavalintaan vaikuttaa myös olennaisesti pituusleikkurien muuttojen rullatilanne, siltä osin miten paljon operaattorilla on siitä kulloinkin tiedossa.

Paperirullapakkaamo oli opinnäytetyön tekohetkellä 12 vuotta vanha ja se oli pakannut vajaat 8 miljoonaa paperirullaa. Taulukossa 1 on selvitetty pakkaamon vaiheikoja. Siitä näkyy, että rullakoon vaikutus vaiheikaan on varsin pieni, ainoastaan maksimissaan muutaman sekunnin luokkaa. Ratkaisevaa vaiheajan kannalta on, kääritäänkö paperirulla limikääreeseen silloin, kun yksinkertainen kääre ei riitä peittämään koko paperirullan alaa.

Taulukko 1. Pakkaamon vaiheaikataulukko

otanta	yks. kert. (s)	limikääre (s)
1	21,91	41,64
2	21,07	41,56
3	20,75	42,12
4	21,95	39,98
5	21,53	42,57
6	18,94	38,05
7	20,21	42,58
8	20,48	40,12
9	22,56	41,84
10	19,97	42,02
k:a	21,2	41,2
	<b>k:a kaikki (s)</b>	<b>31,1</b>

Pakkauskoneen kapasiteettitiedot ovat seuraavat:

- Mitoitettu kolmen paperikoneen tarpeisin
- Teoreettinen kapasiteetti > 170 r/h
- Vaihe aika 19 s
- Huipputilanne 3800r/d
- 3 päivän huippu 3000r/d
- K:a vuodessa 2700r/d
- K:a rullapaino 560 kg  
(Mänttari 2008. 2.)

## 6.2 Paperirullapakkaamon ongelmat ja optimoinnin tavoitteet

Paperirullapakkaamossa ja sitä edeltävässä rullankuljetuksessa havaittiin seuranta-jakson aikana lukuisia ongelmia. Ongelmien havaitsemisessa käytettiin visuaalista tarkastelua fyysisesti kohteessa ja valvontakameratallenteiden tarkastelua. Tärkeänä lähteenä ongelmien selvittämisessä olivat keskustelut käyttö- ja kunnossapitohenkilökunnan kanssa. Osa ongelmistä päästiin kiinni SAP- ja MES-raportointijärjestelmien avulla, ja niistä pystyttiin selvittämään ongelman esiintymistiheyyttä.

Opinnäytetyöstä rajattiin pois ne ongelmat, jotka on jo aikaisemmin tunnistettu ja niitä on käsitelty, tai ne ovat parhaillaan käsittelyn alla. Näitä ongelmia ovat tarkastelujaksolla mm. havaitut arkkikatkot, tuotannolliset häiriöt ja muutokset vaiheajassa. Seuraavassa tarkastellaan havaittuja ongelmia ja pyritään avaamaan ongelman tilaa seikkaperäisemmin. Tarkastelujaksolla nähtiin paperirullatuotannon olevan erittäin häiriöherkkä pakkaamon pidemmille äkillisille keskeytyksille. Jo lyhyehkö pysäytys vaikuttaa nopeasti pituusleikkauksen pysähtymiseen ja sen myötä konerullien, varastomäärästä riippuen, ja paperikoneiden ajomahdollisuuksiin. Ongelmien tarkastelu pyrkii vastaamaan toiseen tutkimuskysymykseen. Mikä vaikuttaa paperirullapakkaamon toimintaan tuotantoa alentavasti?

### **Kommunikaation puute**

Havaittiin, että kommunikaatio jälkikäsitteilyn eri osa-alueiden sisällä on puutteellista. Tämä korostui mm. PL1 ja 2 alueella, johon ei pakkaamon operaattorilla ole suoraa näköyhteyttä. Kun pakkaamon tilanne ei ole pituusleikkurimiehistön tiedossa, riski tuotantoa alentavaan päätökseen kasvaa. Kommunikaatio tapahtuu tällä hetkellä eri osa-alueiden välillä matkapuhelimella, kiinteällä-radiopuhelimella tai käymällä fyysisesti kohteessa. Matkapuhelin on meluisassa tehdasympäristössä huono vaihtoehto, ja monesti pakkaus- tai leikkurihenkilökunnalla aikaa tai halua fyysiseen vierailuun ei ole.



### **Lamellikuljettimien ajomahdollisuudet ja letkusiirrin**

Lamellikuljettimien ajomahdollisuudet korostuvat nykytilassaan enemmän kuin aikaisemmin. Vasta uusitun pituusleikkuri 1:n jälkeen kasvanut leikkuunopeus tarkoittaa myös samalla enemmän leikattuja paperirullia lyhyemmässä ajassa. PL1 leikkaa uuden muutollisen paperirullia lähes siinä ajassa, kun edellinen muutto on saatu kulkemaan läpi työntimen ja letkusiirtimen. Tämä aiheuttaa ongelman, jossa samaa lamellikuljetinta hyödyntävän PL2:sen leikatut rullat tukkivat rullien vapauttamisen PL1:seltä, jolloin leikkurin ajonopeutta tai muutonvaihtoa on hidastettava. Letkusiirtimen toimimattomuus näkyy rullien läpimenokohdassa yhden paperirullan paikan puuttumisena, ja tämä osaltaan hidastaa rullien läpäisyä pakkaukseen.

### **Muutos läpimenoajassa**

Läpimenoajan muutoksella tarkoitetaan pakkauskoneen läpimenoajan putoamista alkuperäisestä <19 s läpimenoajasta. Läpimenoaika lasketaan siitä, kun rulla saapuu ulos pakkauksesta ja siitä, milloinka saapuu seuraava rulla läpi pakkauksesta. Läpimenoajan alenema on monen eri osatekijän summa. Merkittävin vaiheikaa hidastava tekijä on paperirullan limikäärinä. Limikäärinä lähes tuplaa vaiheajan. Jos oletetaan, että pakkauskone kävisi vuorokaudesta esimerkiksi 20 tuntia, ja huoltoon sekä muihin toimenpiteisiin olisi varattu 4 tuntia jaksoitettuna vuorokaudelle. Tällöin voisi pakkauskoneen teoreettiseksi kapasiteetiksi laskea yksinkertaisella käärinnällä 3400 pakkattua paperirullaa, jonka tulisi riittää useimpien päivien päiväkohtaiseen tarpeeseen. Osaltaan läpimenoajan nopeutuksen hyödyllisyyteen vaikuttaa varaston vastaanottorampiston nopeus käsitellä rullia varastoon. Läpimenoajan nopeutus pakkauskoneella ei anna toivottua hyötyä, jos varaston rampisto ei laske paperirullia tarpeeksi nopeasti varastoon.

### **Tilannetiedon ja jälkiraportoinnin riittävyys**

Nykyisellään operaattorin ei ole mahdollista seurata pakkaamon kuormitustilannetta muuten kuin analysoimalla muuttotietoja pituusleikkurikohtaisesti tuotannonohjausjärjestelmä MES:stä. Tämä tarkoittaa sitä, että tilatieto tulevista rullista ja sen hetkestä pakkaustilanteesta on hankalasti saatavilla ja vaatii operaattorin omaa halua olla perillä tilanteesta. Myöskään vaiheajan putoaminen pakkausprosessissa, tai alenut tuotantonopeus suhteessa tuleviin rulliin, ei ole operaattorin saatavissa.

Jälkiraportoinnilla tarkoitetaan menneen päivän päiväkohtaista yhteenvetoa, joka nyky muodossaan käyttää ainoastaan suunnittelematonta seisokkia ja tuotantoa. Suunnittelematomaan seisokkiin johtaneita syitä ei raportoida niin sanottua päiväkirjajatsua ylemmäs, ja tämä vaikeuttaa merkittävästi alentuneeseen tuotantoon johtaneiden syiden selvittämistä jälkikäteen, esimerkiksi vuoden aikajaksolla. SAP-järjestelmään tehtyjen ilmoitusten yhdistäminen tuotantoaikaohäviöön on hankalaa järjestelmien erilaisuuden vuoksi, joka vaikeuttaa todellisen aikahäviön laskentaa.

### **Rullaohjausjärjestelmän älykkyys**

Rullaohjausjärjestelmä toimii nykytilassaan niin, että operaattori tekee mahdolliset muutokset rullaohjausjärjestelmän ajoparametreihin. Aiemmin mainitun liite 1:n mukaisesti operaattori voi vaihtaa ajotapa-asetusta kahdella eri rullaristeyksellä oman näkemyksensä mukaisesti 1:1, 2:1 tai 1:2. Ajotapavalintaan vaikuttavat syyt lähtevät tuotantotilanteesta, joiden perusteella operaattori tekee päätöksen toimivasta vaihtoehdosta. Tähän osaltaan vaikuttaa operaattorin oma halukkuus olla perillä leikkurien tuotantotilanteesta, sillä selkeää pituusleikkuri kohtaista tuotantotilaa näyttävää näyttöä ei ole.

### **Arkkikatkot paperirullissa**

Kun paperirullaa, jossa on arkkikatko, aletaan kääriä, lähtee kääre pyörimään rullailaitteen mukana, kun katkennut arkki ei pidäkään rullanpintaan liimattua alkupäätä paikallaan. Tämä muodostaa kääreestä pussin, eikä kääre asetu paperirullan ympärille. Tämä keskeyttää pakkauksen, sillä tällä tavoin käärittyä rullaa ei voida siirtää lainkaan seuraavaan vaiheeseen, ennen vanhan kääreen poistoa ja uudelleen käärintää. Ennen vanhan kääreen poistoa operaattorin täytyy poistaa paperirulla käärintäasemasta manuaalisesti, jonka aikana paperirullia ei voida myöskään pakata. Arkki-katkot voivat myös aiheuttaa pakkaamon rampiston pysähtymisen ennen pakkausta, kun rullien etenemää seuraavaan valosilmään jää katkennut arkin osa eteen. Tällöin rampisto jatkaa toimintaansa vasta valosilmää hämäävän paperin poiston jälkeen. Jos poiston voi arvioida keskimäärin kestävän esim. 6 minuuttia, voi nopeasti laskea, montako rullaa esim. 20 sekunnin pakkaamon läpimenoajalla jää pakkaamatta häiriön poiston aikana. Arkkikatkoista on vuonna 2011 tehty opinnäytetyö, jossa pyrit-

tiin tunnistamaan ja tarjoamaan korjaavia toimenpiteitä arkkikatkojen vähentämiseksi. (Honkanen 2011.) Tästä huolimatta MES päiväkirjamerkintöjen perusteella arkkikatkot kiusaavat etenkin pituusleikkuri 3:lta tulevissa rullissa, jossa asiakasrullan loppurullauksen pinta-arkki muodostuu liian kireäksi. Tästä aiheutuneita arkkikatkoja kyetään kuitenkin hallitsemaan ympäriteippaamalla asiakasrulla, ennen sen siirtämistä kuljettimilla kohti pakkaamo. Samaa metodologia voidaan myös hyödyntää muilla pituusleikkureilla selvien rullavikojen korjaamisessa.

### **Rullapakkaamon kuormitus**

Rullapakkaamon mitoituskapasiteetin ollessa  $>170$  rullaa tunnissa ( $\sim 4000$  r/d) tulisi sen riittää kolmen paperikoneen tarpeisiin. (Mänttari 2008.) Tämä kapasiteetti on kuitenkin teoreettinen ja edellyttäisi pakkaamon toimintaa ilman keskeytyksiä ympäri vuorokauden. Tähän vaiheikaan ei ole huomioitu mm. tarvikkeiden, kuten käärekartongin tai päätylappujen lisäystä. Nykyään käytössä olevia paperikoneita on kaksi, ja reilusti yli 3000 paperirullan päivät ovat harvinaisia. (Laitinen 2020a.) Tästä voidaan päätellä, että kapasiteetti vuorokausitasolla on riittävä, kun laitteisto on kunnossa. Tuntikohtaisen kapasiteetin hallintaan liittyviä ongelmia esiintyy aika-ajoin, kun leikataan samaan aikaan useammalla pituusleikkurilla muuttoja, joissa on paljon kapeita, vähän metrimäärältään paperia sisältäviä asiakasrullia.

### **Käärinnän laadullinen alenema**

Ruttaantunut pakkaus on laadullinen ongelma, ja se altistaa paperirullat kuljetuksen rasituksille herkemmin. Vekille mennyt kartonkikääre rikkoutuu helpommin ja mahdollisesti päästää, ei toivotun, kosteuden sisälle paperirullaan. Tarkastelujaksolla havaittiin myös toinen käärinnän laadullinen tekijä, huono loppuliimaus, jonka tehtävänä on liimata kartonkikääreen häntä kiinni siten, että kosteuden pääsy pakkaukseen estyy.

Lisäksi huono käärintätulos näkyy asiakkaalla imagollisena tekijänä. Ruttautunut käärintä lisää pakkausoperaattorin työkuormaa, samalla hidastaen pakkauksen kapasiteettia, kun epäonnistuneeseen käärintään joutunut rulla tulee kääriä uudelleen.

Tämä näkyy pitkällä tähtäimellä kasvaneina kääremateriaali kustannuksina sekä mahdollisten reklamaatioiden muodossa, jos laadullisesti huonosti kääriytynyt paperirulla päätyy asiakkaalle asti.



Kuvio 14. Epäonnistunut käärintä (Varjola 2020b.)

Tutkimuksen aikana käärintä laadullinen alenema nousi myös yhdeksi keskeiseksi teemaksi, sen toistuvan ja kasvavan ilmenemisen vuoksi. Huonon käärintä syinä epäiltiin käärintäteloston kuluneisuutta ja askelkuljettimen paikoitusta. Askelkuljettimen lasiessa rullan väärään positioon käärintätelosten päälle, kääntävät viikkarit kartonkikäärettä vinoon näiden ollessa kuitenkin keskitettyinä käärintäasemaan nähden. Tätä ongelmaa varten tehtaalle tilattiin laitetoimittajan asiantuntija, joka tarkasti laitteen ja havaitsi useita kuluneita kohteita käärintäasemassa. Hän suositteli siihen so-

veltuvia korjaavia toimenpiteitä, kuten käärintätelojen uusintoja. Teloja on aikaisemmin virheellisesti korjattu sorvaamalla, sillä telan halkaisijan pienentyessä se aiheuttaa nopeuseron pyörimässä. Tällöin kääre voi mennä kurttuun. (Partanen 2020.)

### **Varaston ongelmat**

Kun pakkaamon toiminta esim. äkkivikaantumisen seurauksena keskeytyy, pyritään tällöin pituusleikkaus pitämään käynnissä, jotta paperikoneiden tuotantoa ei jouduttaisi hidastamaan tai ajamaan alas mahdollisen rautapulan seurauksena. Pakkaamon ollessa kykenemätön pakkaamaan rullia useamman tunnin ajaksi, tulee kyseeseen paperirullien laanitus tyhjille välialueille odottamaan pakkausta. Laanituksen ongelmat kehkeytyvät sen purkutilanteeseen, jossa monesti on sekaisin eri laatuksia ja asiakastilauksista olevia rullia. Tämä aiheuttaa ongelman laanituksen purkutilanteessa, jossa paperirullia syötetään pakkaamoon ”sekaisin” eri tilauksista. Tällöin aiheutuu monesti rullaruuhka varaston rampistolla, kun rampisto varaa yhdelle rullalle koko ”rampin” ja jää odottamaan tilauksen loppuja rullia. Sekaisin menneen järjestyksen takia seuraavan rullan tuloon voi mennä kauankin. Pakkaus pysähtyy rampiston tultua täyteen, kun tilaa uusille rullille ei ole ennen edellisten siirtoa varastopaikoille.

### **Tuotannolliset häiriöt ja keskeytykset**

Tuotannollisilla häiriöillä tarkoitetaan häiriöitä, jotka pysäyttävät pakkauksen ei toivotusti. Näitä voivat olla esim. tekniset vikaantumiset tai muut tuotannon keskeyttävät toimet. Jo lyhyt tuotannollinen keskeytys pidentää vaiheaikaa runsaasti. Olettaen, että vaiheaika pysyy taulukon 1 mukaisena, voidaan todeta, että esimerkiksi 30 minuutin pakkaamon tuotannollinen keskeytys pakottaa pituusleikkurit hidastamaan, ja tällöin jää noin 85 rullaa pakkaamatta. Yleisimmät pakkauksen keskeyttävät toimet liittyvät operaattorin tekemään järjestelmän ylläpitoon. Näitä ovat muun muassa käärerullan vaihto käärintäasemaan ja käärintäaseman puhdistus häntäliimasta.

Tarkastelujakson aikana tunnistettiin useita tuotannon keskeyttävää ei operaattorilähtöistä häiriötä. Näistä eräs koski parirullien karkaamista rampistolla erilleen. Tällöin seuraavassa vaiheessa olevat tunnistimet eivät tunnista rullien saapuneen ram-

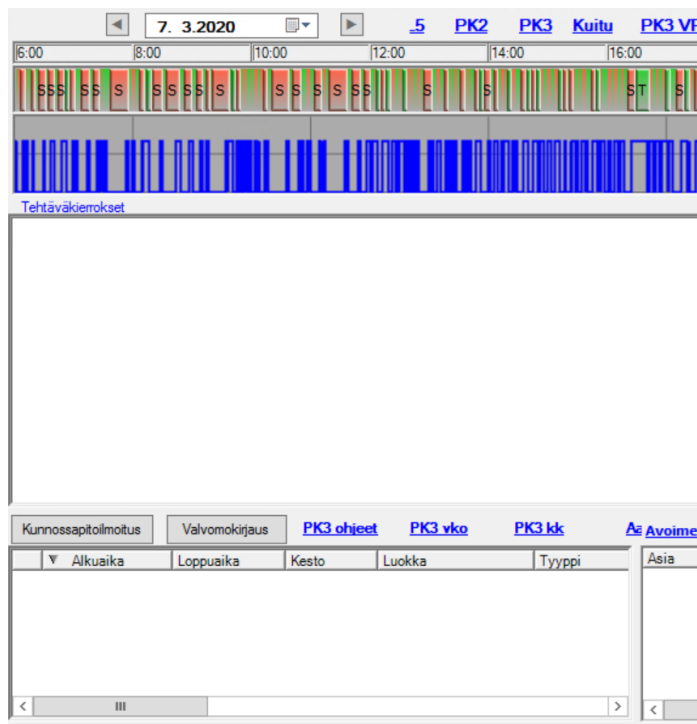
pille, kun tunnistimet jäävät erkaantuneiden rullien väliin. Rullien erkaantumisen jälkeen operaattorin tulee käydä yhdistämässä rullat niin, että ne koskettavat antureita. Tähän saattaa kuitenkin mennä aikaa riippuen siitä, missä ja mitä tehtävää operaattori on parirullien erkaantumisen aikana hoitamassa. Lisäksi ongelmia havaittiin tuottavan huonon vaippaviivakoodimerkkauksen tulostusjälki, vaippa- ja päätyetiketointiin liittyvät lapun putoamisongelmat, tuntemattomat taajuusmuuttajahäiriöt sekä rullan ajautuminen työntimen I309 liian pitkälle valosilmään nähden.

Kaikille näille ongelmille on ominaista se, että ne yleensä keskeyttävät pakkauksen tai lopettavat jatkuvan rullavirran pakkaamoon. Nämä ongelmat vaativat toimia operaattorilta automaattisen pakkauksen tai rullavirran käynnistämiseksi uudelleen, jolloin se aika, mitä operaattori käyttää häiriönpoistoon, on aina pois pakkausajasta.

### 6.3 MES tehdastietojärjestelmän pakkaamon osuuden kehitys

Tarkastelujaksolla havaittiin tehdastietojärjestelmän pakkaamon päiväyhteenvedon ja operaattorin valvomonäytön yhteenvedon puutteellisuus. Todettiin, että ilman toimivaa päiväyhteenvetoruutua, syitä, jotka vaikuttavat pakkaamon alentuneeseen tuotantoon, ei saada luotettavasti selville.

Pakkaamon päiväyhteenvetoruudun päivityksellä tärkein prioriteetti oli saada tietoon ne seikat, mitkä vaikuttavat alentuneeseen tuotantonopeuteen, sekä tilastollista tukea siihen, miten pakkaamo päivittäin toimii. Ennen päivitystä suunnittelemattomalle seisokille ei ollut tilatietojen rajaehtoja lainkaan, jolloin esimerkiksi syy, miksi pakkaamo on seissyt päivän aikana useamman pidemmän aikajakson, jää ainoastaan päiväkirjan ja SAP-ilmoitusten varaan. Tällöin näiden tietojen analysointi vaatii jokaisen päivän käymistä läpi yksitellen, ja kokonaiskuvan muodostaminen todellisesta tuotantotilanteesta osoittautuu monesti liian työlääksi, kun huomioon ottaa raportointimattomien pysähdysten määrän.



Kuvio 15. Ote vanhasta päiväyhteenvedosta MES-tehdastietojärjestelmässä

Kuviossa 15 ylhäällä näkyvä S-kirjain punaisella taustalla kertoo tilasta, jolloin tuotanto on ollut pysähdyksissä. T-kirjain vihreällä taustalla puolestaan viestii tuotantotilasta, jolloin pakkauskone on ollut käynnissä. Vanhasta päiväyhteenvedosta nähdään kyseisen päivän käynnin olleen katkonaista, mutta varsinaista syytä katkonaiselle käynnille ei ole raportoitu. Vanhoihin tuotantotilan määrittelyehtoihin tukeutunut päiväyhteenvedon tuotantotila ei myöskään huomioinut, jos pakattavia rullia ei ollut.

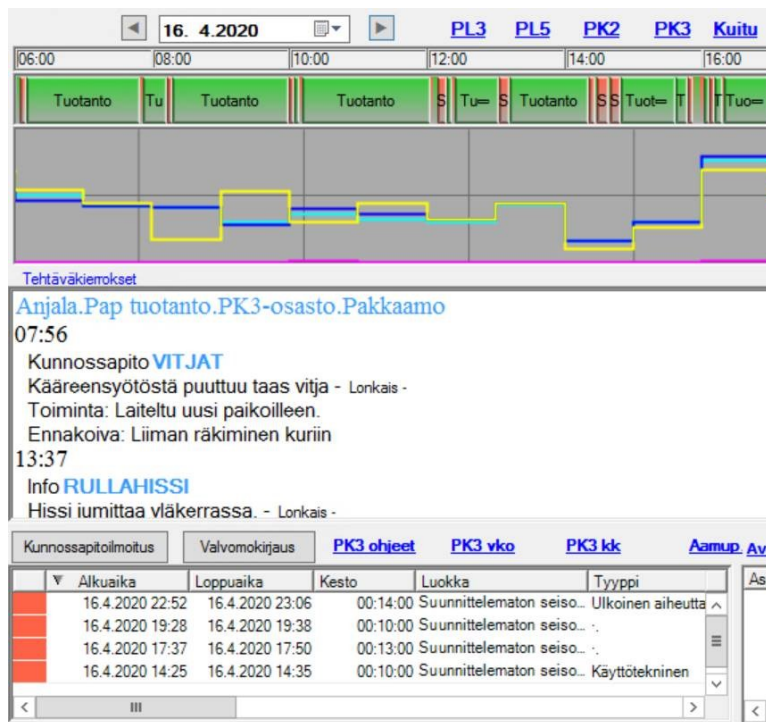
Aikaisemmasta tilanteesta MES tuotannonohjausjärjestelmän päiväyhteenvedojen perusteella tehty taulukko 3 (ks. liitteet) osoittaa raportoinnin tarpeellisuuden, sillä yli tai tasan kymmenen minuutin pysähdyksistä, viiden hyvän tuotannollisen päivän jaksossa, on silti lähes 16 tuntia suunnittelematonta seisokkia. Mikä tarkoittaa, että tässä ajassa voitaisiin taulukon 3. mukaisella vaiheajalla pakata teoriassa lähes 2000 rullaa enemmän. Huomioon ottaen kuitenkin, että koko tätä aikaa ei saataisi minimoitua, jonka vuoksi laskenta on suuntaa antava. Sillä pakkauskone, niin kuin kaikki muutkin tekniset laitteet, tarvitsevat käynnin aikaista huoltoa.

Kun tarkastellaan tuotantotiloja pidemmältä kahden viikon aikajaksolta (5.3.2020-19.3.2020), nähdään suunnittelematonta seisokkia olevan lähes yhtä paljon kuin tuotantoa. Kun tästä aikajaksosta suodatetaan kaikki tasan tai yli 10 min pysähdykset, nähdään, että näitä pysähdyksiä kertyy aikajaksolla 152 kappaletta, joissa juurisyy pysähdykseen on avoin. Excelissä kyetään laskemaan yhteen, että aikaa näihin tasan tai yli 10 minuutin suunnittelematomiin seisokkeihin kului kahden viikon tarkastelujaksolla yhteensä 45 tuntia. Osaan näistä voi valvontakamerahavaintojen perusteella olettaa olevan muu syy kuin pakkaamosta puuttuvat pakattavat rullat.

Uuden päiväyhteenvedon suunnittelematoman seisokin liipaisuehdot on muodostettu niin, että pakattavien rullien mahdollinen puute ei näy seisokkina. Aikaisemmin myös pakattavien rullien puute aiheutti suunnittelematoman seisokki -tuotantotilan. Yli tai tasan 10 minuutin pysähdyksiltä vaaditaan raportointia.

Tekemässäni liitteessä 3 ilmenee raportointiin käytettävät syykoodit. Näitä liitteessä ilmeneviä syitä on jatkossa tarkoitus käyttää kaikissa raportointia vaativia seisokkeja raportoitaessa. Suunnittelematoman pysähdyksen jälkeen operaattorin tehtävä on kirjata liitteen 3 mukaisesti syy järjestelmään. Raportoinnin toimivuuteen liittyy olennaiselta osalta myös henkilöiden ohjeistus järjestelmän toimintaan. Tämän vuoksi toteutettiin myös virallisen ohjeen järjestelmän muutoksista ja järjestelmän käytöstä. Tämä ohje julkaistiin kaikkien operaattorien luettavaksi.





Kuvio 16. Uuden päiväyhteenvedon muutokset MES-tehdastietojärjestelmässä

Kuviossa 16 näkyvä uusi päiväyhteenvedo sisältää käyrät pakatuista rullista (vaalean-sininen-käyrä), rullista pystyyn nostajalle (keltainen-käyrä), rullat rampistolle (tummansininen-käyrä) ja uudelleenpakatut rullat (liila-käyrä). Lisäksi kuvassa näkyvään alalaatikkoon on ilmestynyt seisokeista johtuvia raportoitavia pysähdyksiä.

Päiväyhteenvedon muutosten jälkeen suoritin uuden seurantajakson, jossa tarkastelin valvontakameroista menneen ajan seisokkisyyttä, ja totesin järjestelmän toimivuuden ennen varsinaista käyttöönottoa. Toimivuuden toteamisen jälkeen järjestelmä otettiin käyttöön yhdessä järjestelmän käytöstä kertovan ohjeen kanssa. Jo saaduista havainnoista voidaan nähdä järjestelmän hyödyllisyys jatkoa ajatellen, kun seisokkisyyttä aletaan raportoida päivittäin. Lisäksi suunnittelin operaattorille uutta valvomonäyttöä seuraavasti. Operaattorin valvomonäyttöä lähdettiin rakentamaan siltä pohjalta, että kaikki pakkauksen kannalta oleellinen tieto olisi yhdellä vilkaisulla saatavissa. Se lisäisi ajantasaisen informaation saatavuutta tilanteissa, joissa operaattorin päätöksenteko on keskeistä, esimerkiksi juuri rullaohjausjärjestelmän ajovalin-

nassa. Tällä tavoin saavutettaisiin lähes samat keskeiset edut kuin rullaohjausjärjestelmän automatisoinnilla, mutta pienemmin resurssein. Uuteen valvomuuteen haettiin sisällyttää suunnittelun kautta pakkaamokuormitusennuste sekä trendit pakkaamon rampistolle ja -rampistolta läpäisseiden paperirullien määrästä.

Tätä valvomonäyttöä ei kuitenkaan voitu toteuttaa halutussa laajuudessaan johtuen järjestelmien yhteensovituksen kankeudesta. Toisen halutun osa-alueen ollessa tuotannosuunnittelua ja toisen menneen ajanjakson raportointia, olisi näiden yhdistäminen samaan ruutuun ollut teknisesti hyvin haasteellista. Valvomonäytöstä saatiin toteutettua osa-alueena pakkaamon rullien tuntiseuranta, jota hyödynnetään myös päiväyhteenvedon yhteydessä.

### **Kommunikaation parannus**

Oleellinen osa onnistunutta tuotantoa on vuoropuhelu eri tuotantoasemien välillä. Tarkastelujaksolla havaittiin, että vuoropuhelu eri asemien välillä monesti oli heikentynyt. Tämä osaltaan vaikutti rullien läpäisyyn esimerkiksi huonosti teipattujen rullien pinta-arkkien hajotessa välirampistolle, työntimen I309 ja pakkaamon välillä. Kun vuoropuhelua eri asemien kesken ei ole, jää moni alkupään ongelma pakkaamon operaattorin selvitettäväksi pakkaamon alueelle. Operaattorin hoitaessa pakkaamon toimintaa yksin, on tärkeää, ettei ylimääräinen, helposti poistettavissa oleva kuormitus ajaudu solmukohtaan eli pakkaamoon. Pakkaamo on molempien paperikoneiden ja kaikkien paperirullia leikkaavien pituusleikkureiden keskuspakkaamo.

Ehdotuksena oli paperikoneilla käytettävä kuulokemikrofoni -tyyppinen radiopuhelin-kuulosuojain-yhdistelmä, vaivattoman kommunikaatioyhteyden luomiseksi. Näin olisi saavutettu matalan kynnyksen mahdollisuus kommunikoida eri tuotantopisteiden välillä myös jälkikäsitelyssä. Samansuuntaisten aikaisempien havaintojen perusteella päätettiin hankkia radiopuhelin työpisteisiin, joilla sitä ei aikaisemmin ole ollut. Radiopuhelimen tarkoituksena on mahdollistaa kommunikaatiokynnyksen madaltaminen kohtuullisin kustannuksin. Tämän radiopuhelimen voisi myös tarvittaessa ottaa mukaan kentälle toisin kuin valvomoissa olevan kiinteän puhelimen. (Varjola 2020a.)

### **Rullaohjausjärjestelmän muutokset**

Opinnäytetyön intensiivisen aikataulun takia rullaohjausjärjestelmän muutokset osoittautuivat haasteellisiksi ja ne päätettiin rajata pois toteutettavien toimenpiteiden listalta siitä syystä, että toteutusaikataulussa ei saataisi aikaan järjestelmää, joka toisi merkittävää etua paperirullapakkaamon toimintaa. Seurantajaksolla nähtiin kuinka rullapakkaamo pakkaa aina, kun paperirullia oli saatavilla, ja siten rullapakkaamo sekä varasto, vastaanottamaan rullia pakkaukseen ja pakkauksesta. Näin ollen automatisoinnilla mahdollisesti saavutettava älykkäämpi ohjausjärjestelmä ei mahdollistaisi silti tehokkaampaa paperirullien läpäisyä. Rullaohjausjärjestelmän muutokset voivat tulla tarpeellisiksi, kun tutkimuksen työn osana muodostettavalla MES-päiväyhteenvetoruudun kehityksellä saadaan tarkempi syy-seuraussuhde paperirullapakkaamon tuotantotilaan. Ennustavan rullaohjausjärjestelmän toteutusta vaikeuttaa merkittävästi se, että konerullia ei trimmitetä leikkurikohtaisesti, vaan trimmitys tapahtuu paperikonekohtaisesti, ja leikkaava pituusleikkuri päätetään monesti vasta vähän ennen varsinaista ajoa. Tarpeen vaatiessa leikkausjärjestystä saatetaan vaihtaa, jos esimerkiksi havaitaan ongelmia leikkuun läpäisyssä.

Tehdaspäiväyhteenvetojen muodostetun taulukon 1 mukaisesti nähdään, että pakkaamon suunnitteluperusteisesta tuotantotehokkuudesta viiden lähes 3000 rullan päivän syklillä, puuttuu keskiarvollisesti 22 %. Tähän ongelmaan voitiin todeta vaikuttavan merkittävimmin pakkaamon yli tai tasan 10 minuutin suunnittelemattomat pysähdykset. Valvontakameramateriaalitarkastelussa ajanjaksolla nähtiin rullia kuitenkin olevan koko ajan tarjolla pakkausta varten. MES-päiväraporteista pääteltynä automaattisella rullaohjauksella ei voitaisi vaikuttaa paperirullien läpäisytehokkuuteen merkittävästi.

## 7 Tulokset ja niiden tarkastelu

### 7.1 Virheen havainnointi

Nopeasti opinnäytetyön aloittamisen jälkeen kävi ilmi, ettei automaattisella rullaohjausjärjestelmällä ratkaistaisi pakkaamon alentuneeseen tuotantoon johtavaa ongelmaa. Ongelmia, joilla voidaan sanoa olevan vaikutusta alentuneeseen tuotantotilaan, eli pakkaamon pakkaustehokkuuden laskuun, on useita. Myös päivittäinen raportointi niistä oli osittain puutteellista. Osoittautui, että alkuperäisen idean mukaista kassaa hallitsevaa automaattista rullaohjausjärjestelmää ei ole mahdollista toteuttaa nykytilassa saatavilla tiedoilla annetun aikataulun puitteissa. Nykytiedoilla rullaohjausjärjestelmän päivittäminen älykkääksi on haasteellista. Laitisen (2020b) mukaan hyvän ja älykkään järjestelmän luominen on aikaisemman kokemuksen perusteella osoittautunut haasteelliseksi myös PLC-ohjelmointialan yrityksissä.

### 7.2 Tavoitteiden saavutus ja tutkimuksen luotettavuus

Tuotannon ohjausjärjestelmään tehdyt muutokset parantavat nyt merkittävästi raportoinnin tarkkuutta ja osoittavat ongelmaan kuluneen aikahäviön, eli suunnittele-mattoman seisokin, operaattorin raportoidessa syykoodin seisokkiin oikein. Tällä tavoin saatuja tuloksia voidaan pitää hyvinkin luotettavina, sillä havaintoja paperirulla-pakkaamon eli järjestelmän tilasta tekee usea eri henkilö. Jos useampi henkilö tekee toistuvasti samansuuntaisia havaintoja esimerkiksi häiriöistä, voidaan niiden katsoa olevan toistuvia ja tuotantoa haittaavia. Tällä tavoin paperirullapakkaamo on niin sa-notusti jatkuvan tutkimuksen kohteena, ja tutkimusta tekevät osaltaan laitteen käyttäjät itse. Tällä tavoin päästään Anjalan paperitehtaan yhteen päätavoitteista: jatkuvan parantamisen ketjuun. Tältä osin opinnäytetyö saavuttaa tutkimuskysymyksissä asetetut tavoitteet.

Varsinaista opinnäytetyön tutkimusta edesauttoi alkuvaiheessa aikaisempi kokemus paperitehtaan kunnossapidosta tehtaan eri osa-alueilla. Joskaan pääpaino kunnossapidon esimiestehtävissä ei ole ollut ainoastaan pakkaamo tai edes jälkikäsittely, vaan

nämä ovat olleet vain pieniä osia kunnossapidon kokonaisuudesta. Aikaisempi kokemus kunnossapidosta heijastuu myös näkyvästi opinnäytetyön aihesisältöön. Tutkimuksen tietoperustana on pyritty käyttämään saatavilla olevaa kirjallisuutta ja Knowpap eli paperinvalmistuksen oppimisympäristöä, unohtamatta saatavilla olevaa internet-materiaalia.

Aiheen rajaus opinnäytetyön kokonaisuuden ja aikataulussa pysymisen kannalta oli haastava, sillä tutkimusta olisi ollut helppo laajentaa useisiin eri osa-alueisiin, lähtien pituusleikkauksesta edeten varastoon ja sen toimintatapoihin.

### 7.3 Muut mahdolliset esille tulleet kehitysideat

Opinnäytetyön edetessä havaittiin myös kohteita joita kehittämällä voitaisiin päästä tehokkaampaan tuotantoon. Näitä kohteita ilmeni itse pakkaamon sekä rullaohjausjärjestelmän yhteydessä. Käydään läpi ensin pakkaamosta tehdyt havainnot ja kehitysideat.

Kuten todettiin jo aikaisemmin, kun pakkaamo on lähemmäs 8 miljoona paperirullaa pakannut, on se paljon liikettä mille tahansa mekaaniselle rakenteelle. Tästä tehtyjen kuntoraporttien perusteella se on väistämättä monin paikoin runsaasti kulunut, ja tämän myötä altis häiriöiden aiheuttamalle vaikutukselle.

Jotta pakkaamon ja kuljettimien häiriötaajuus ei jatkossa kasvaisi sietämättömälle tasolle, kannattaa näiden raporttien perusteella tehtyihin havaintoihin kiinnittää huomiota mahdollisen elinkaaripäivityksen muodossa. Vaihtoehtoisesti voidaan tehdä suunnitelma kuntoraporttien pohjalta niistä kohteista, mitkä ja missä järjestyksessä tulee kunnostaa, jotta pitkiltä häiriöseisokeilta vältyttäisiin. (Partanen 2020.)

Timperin (2020) kertoman mukaisesti, välitön varaosasaatavuus osaan laitteisiin on monesti ongelma. Osana suunnitelmaa tulee siten selvittää toiminnan kannalta kriittisten varaosien saatavuus tehtaan omasta varastosta. Aikaisemmin on koettu pidentyneitä seisokkeja varaosan puutteen vuoksi, mutta yleisesti pakkauskone on aiheuttanut hyvin vähän pakkauksesta johtuneita seisokkeja paperikoneille. Tilanne

voi jatkossa korostua niin sanottuina päivystysaikoina, kun ulkopuolista asennus- ja varaosapalvelua ei ole saatavissa. Näitä tilanteita voidaan hallita parhaiten varautumalla niihin ennakolta huoltosuunnitelmien ja varaosasaatavuuden varmistamisen muodossa.

Rullaohjausjärjestelmän kehittäminen on tullut ajankohtaiseksi pituusleikkuri 1 uusimisen myötä. Uuden pituusleikkurin mitoitusperusteiden mukaisesti on määrä leikata 70 % paperikone 2:n asiakasrullatuotannosta ja pituusleikkuri 2:n leikaten 30 % jäljelle jäävä osuus tuotannosta. Pituusleikkuri 2:n leikkurityypin mukaisesti muutto valmistuu molemmille puolille leikkuria, ja etumuuton kiertäessä pituusleikkuri 1:sen edestä. Niin kutsuttu takamuutto on ohjattu kiertämään pituusleikkuri 3:sen kautta. Tilannetta selventää liitteet 1 ja 2. Vaikka pituusleikkureiden ajojärjestystä pyritään ryhmittelemään niin, että pituusleikkuri 2:lta tuleva etumuutto ei sotkisi pituusleikkuri 1:n leikkuunopeutta, on silti ollut havaittavissa tilanteita, joissa pituusleikkuri 2 etumuuton vuoksi pituusleikkuri 1:stä joudutaan hidastamaan tai seisottamaan.

Tilannetta helpottamaan olisi syytä selvittää onko kuljetinketjun katkaisusta pituusleikkuri 1:n ja 2:n välistä hyötyä (ks. kuvio 17). Tällöin pituusleikkuri 2 etumuuton ajaminen onnistuisi pituusleikkuri 3:sen kautta. Riskinä tässä on, että ongelma siirtyy vastaavassa laajuudessaan pituusleikkuri 3:sen ympäristöön. Yksinkertaisempaan tilannetta helpottavana ratkaisuna voisi olla seinän läpimenoaukossa olevan letkusiirtimen korvaaminen mekaanisella keinulauta -periaatteella toimivalla siirtimellä. Tällä tavoin saavutettaisiin yhden rullan nopeampi läpäisy siinä vaiheessa, kun rullia siirretään toiselle puolelle seinää.

Näistä toimista huolimatta on mahdollista, että tilanne kuljetinjärjestelmällä ei merkittävästi helpotu tai ongelma siirtyy vain eteenpäin, aiheuttaen samantyyppisiä ongelmia leikkuunopeuteen, vain eri pituusleikkurilla. Tämän vuoksi kuljetinjärjestelmään tehtävien muutosten hyödyllisyys on punnittava tarkoin, jo pelkästään investoinnin kustannusten vuoksi. Jos investointi kuljetinketjun katkaisuun ja sen muutokseen nähdään selvitysten perusteella kannattavaksi, kannattaa siinä yhteydessä samalla selvittää automaattisen rullaohjausjärjestelmän toteutuksen mahdollisuuksia ja kustannuksia tarkemmin.



Kuvio 17. Pituusleikkuri 1 ja 2 kuljetinketju, kuvattuna pituusleikkuri 2 suunnasta

## 8 Johtopäätökset ja toimeksiantajan näkemys

### 8.1 Johtopäätökset

Paperirullapakkaamo ja rullakuljetinjärjestelmä kokonaisuutena on erittäin haastava ja hankala kehitettävä. Tähän osaltaan vaikuttavat useat eri syyt.

Paperirullapakkaamon käydessä käytännössä aina, kun jommalla kummalla koneella on paperintuotantoa, tarkoittaa se sitä, että huoltoihin, korjauksiin ja muutoksiin on vain vähän aikaa. Toisen paperikoneen käydessä seisokki-aika pyritään minimoimaan, jottei tuotantoa jouduttaisi hidastamaan. Kun toinen paperikone on pysäytettynä, on mahdollisuus tehdä huoltotoimenpiteet häiriöttä tuotantoon. Toisen paperikoneen ollessa pysäytettynä seisokkiin mahdollistuu häiriöttömän käynnin turvaavat huolto-

toimenpiteet, jolloin yleisesti aikaa mahdollisiin muutoksiin ei jää, vaan ne toteutetaan pidemmissä jouluihin ja juhannusseisokeissa. Tämä tarkoittaa sitä, että mahdollisia muutoksia päästään toteuttamaan vain muutaman kerran vuoden aikana.

Kuten kaikkiin muutoksiin teollisuudessa myös muutoksiin pakkaamossa edellytetään pääsääntöisesti takaisinmaksuaikaa, poikkeuksena tätä ei edellytetä turvallisuutta parantavilta muutoksilta, sillä korkean tason turvallisuuden ylläpitäminen ja kehittäminen on yksi Stora Enson päätavoitteista tuotannossa.

Paperirullapakkaamossa muutosten takaisinmaksuajan määrittely on monesti haastavaa, sillä sen ei nähdä suoranaisesti lisäävän tuotantoa. Voidaan kuitenkin todeta, että tehokkaampi tuotanto eli esimerkiksi enemmän rullia tunnissa, edellyttää toimia paperirullien edelleen käsittelyn nopeutuksena.

Nykyisen mitoitusperusteisen kapasiteetin kuitenkin ollessa riittävä, kun laitteisto toimii häiriöttä. Keskeytymätön käynti on pääedellytys siihen, että tuotantotehokkuus eri osa-alueilla säilyy vakaana, ja jollei siihen päästä, on tilanteeseen pyrittävä reagoimaan mahdollisimman nopeasti ja sen edellyttämällä intensiteetillä. Tähän on mielestäni jatkossa pyrittävä panostamaan riittävällä määrällä aikaisemmin todettuja toimia hyödyntämällä, muun muassa kuntotarkastusraporttien tarkastuskohteiden kunnostuspriorisoinnilla.

## 8.2 Toimeksiantajan näkemys

Esilletulleiden näkemysten perusteella tehty järjestelmämuutos pakkaamon raportoinnissa mielletään onnistuneeksi. Näkemyksiä järjestelmämuutokseen pyrittiin keräämään toimeksiantajan puolelta suullisilla haastatteluilla ja aktiivisella osallistumisella aamukokouksiin, joissa syyt eri osastojen raportoitaviin kohteisiin käydään läpi. Todettiin, että jatkossa syyt pakkaamon seisokkeihin aikahäviöineen tulevat paremmin ilmi ja aikahäviötä voidaan hyödyntää esimerkiksi takaisinmaksun laskennassa.

Keskeistä on, että järjestelmä toimii oikein ja turhia seisokkeja ei ole palautteen perusteella havaittu syntyvän. Raportointi syntyneistä seisokeista on todettu



lähteneen hyvin käyntiin. Syitä yli 10 minuutin pysähdyksiin on alettu kirjaamaan operaattoreiden toimesta aktiivisesti ja syyt on käyty läpi aina seuraavan päivän aamukokouksessa. Tämä on osaltaan keskeistä, jotta suunniteltuja hyötyjä järjestelmän muutoksesta voidaan saavuttaa.

Kokonaisuutena muutokset on koettu onnistuneiksi ja niiden uskotaan auttavan pakkaamon tilan seuranta tulevaisuudessa.

## 9 Pohdinta

Opinnäytetyön keskeisimpänä tavoitteena Anjalan paperitehtailla oli tuottaa paperirullapakkaamon optimointi. Tällä optimoinnilla oli pyrkimyksenä saavuttaa ja tuoda julki niitä syitä, jotka alentavat pakkaamon tuotannon tehokkuutta ja vähentävät paperirullien läpäisymäärää. Alkuperäisessä tavoitesuunnitelmassa oli myös älykäs ja automaattinen risteyksien rullaohjausjärjestelmä, jolla automaatio ottaisi huomioon pituusleikkureilla olevan leikkaamattoman varaston, ja näillä tiedoilla painottaisi rullavirtaa siten, että ensisijainen painopiste siirtyisi aina tuotantotilan mukaisesti. Toinen pääasiallinen tavoitepainopiste pakkaamon ongelmien selvittämisen lisäksi oli luoda MES-tuotannonohjausjärjestelmään pakkaamon kuormituksesta kertova tilatietönäyttö, josta operaattorin olisi helppo yhdellä vilkaisulla saada tilannetieto sen hetkisestä pakkaamotilanteesta paperitehtaalla. Tuotantotilaa ilmaisevaan näyttöön ei kuitenkaan saatu sisällytettyä tulevaa kuormitusta järjestelmien yhteensovituksen kankeuden takia.

Keskeisimpinä tuloksina voidaan pitää MES-raportointijärjestelmään tehtyjä muutoksia. Näistä keskeisin muutos koskee päiväyhteenvedonraportoinnin tarkkuuden parantamista huomattavasti aikaisempaan verrattuna. Jatkossa päiväyhteenvedosta saadaan irti sellaista valmiiksi vertailukelpoista dataa, minkä tuottaminen eri järjestelmien yhdistelmällä on vaatinut paljon aikaa, ja esimerkiksi toistuvan ongelman yhteistä aikahäviötä ei ole saatu tilastoitua. Jatkossa pidemmällä aikavälillä tämä kertoo tarkasti ongelman vaikutuksesta tuotantoon, kunhan raportointi ongelmatilanteessa hoidetaan huolellisesti. Kun tilastoja on saatu kerättyä esimerkiksi puolen vuoden

ajalta ja raportointi on hoidettu ohjeiden mukaisesti, päästään tilanteeseen, jossa ongelman aiheuttama konkreettinen aikahäviö tulee ilmi ilman, että ongelman aiheuttamaa aikahäviötä tarvitsee arvailla. Lukujen näkökulmasta näistä tiedoista voidaan jälkikäteen osoittaa ongelman laajuus ja ryhtyä tarvittaviin korjaustoimenpiteisiin, jollei tarvittavia toimia ole jo tarkasteluun mennessä tehty. Tällöin päästään opinnäytetyön tavoitteeseen saada selville syyt, mitkä vaikuttavat pakkaamon tuotantoon tehokkuutta alentavasti, joka ei aikaisemmin ennen muutosta ole ollut samassa laajuudessaan mahdollista.

Lisäksi tuloksiin lukeutuvat opinnäytetyössä esitetyt ongelmat ja muut havaitut kehitysideat. Näiden ongelmien ja kehitysideoiden ratkaiseminen kuitenkin vaatii monin paikoin runsaasti lisäselvityksiä, ja tällöin pitää punnita selvitystyön kannattavuutta ja tarpeellisuutta. Eritoten osaan selvitystyön kysymyksistä voi olla haastavaa saada konkreettista laskennallista vastausta esimerkiksi takaisimaksuajasta.

Opinnäytetyössä onnistuttiin saamaan aikaan yllä selostettu järjestelmämuutos raportointijärjestelmään, jonka avulla päästään täsmälliseen aikahäviön näyttävään vastaukseen tutkimuskysymykseen: mikä vaikuttaa paperirullapakkaamon toimintaan tuotantoa alentavasti? Tällä tavoin päästään kiinni Stora Enson toimintamallin mukaisiin juurisyihin, kuinka pakkaamon toimintaa voidaan muuttaa niin, että pakkaamon tuotanto ei alentuisi. (Anjala U2/PPS 2019.)

Opinnäytetyön haaste oli saada riittävät pohjatiedot pakkaamon järjestelmästä ja pohtia näiden tietojen perusteella, millä tavoin pakkaamoon saadaan kiinnitettyä enemmän huomiota. Keskeisenä kysymyksenä oli pohtia, saataisiinko opinnäytetyön aikataulussa luotua ”kassaa” hallitseva automaattinen rullarampiston ohjausjärjestelmä. Tämä kuitenkin päätettiin jättää pois, sillä käytettävissä olevilla tiedoilla kolmen PLC-logiikan ja kahden erillisen tietojärjestelmän yhdistäminen olisi todennäköisesti jäänyt kesken. Jo pohjatiedon hankkiminen pakkaamon PLC-logiikan toiminnasta vei mittavasti aikaa laajasta, kolmen logiikan ja kahden erillisen järjestelmän kokoonpanosta, johtuen. Positiivinen puoli järjestelmien toimintaan tutustumisessa on ollut mittavan ohjelmainformaation läpikäyminen, mihin opinnoissa ei olla päästy paneutumaan järjestelmien suppeudesta ja ajankäytöstä johtuen. Päätettiin tehdä

yksi toimiva järjestelmämuutos, josta tulevaisuudessa olisi keskeistä hyötyä, toisin kuin kesken jääneestä ohjausjärjestelmästä.

Varsinaisiin tutkimuskysymyksiin vastauksen saamista rajoitti osaltaan aikaisemmin käytössä olleen raportointijärjestelmän suppeus. MES-päiväkirjamerkintöjen tai SAP-ilmoitusten määrä ei välttämättä korreloi varsinaisen vikataajuuden kanssa, sillä on tyypillistä, että niin sanotuista ikuisuusongelmista tehtävien ilmoitusten määrä vähenee ja ne tulkitaan pikemminkin ominaisuuksiksi laitteissa kuin korjattaviksi vioiksi. (Tunnista työn pulmakohdat. n.d.) Näistä ikuisuusongelmista on kuitenkin tuotannollista tehokkuutta alentavaa haittaa, ja lyhytkin korjaukseen käytetty aika saattaa kasvaa merkittäväksi kuukausi- tai vuositasolla. Tämä vaikeuttaa kokonaiskuvan muodostamista ongelman aiheuttamasta häviöstä.

Lopputulemana saatu raportointijärjestelmän muutos mahdollistaa nyt aikahäviö perusteisen analyysin syistä, jonka vuoksi pakkaamon tuotantotehokkuus alenee, kun jatkokehitykseen siirrettävä toimi seisokkisyyden aktiivisesta raportoinnista toteutetaan huolellisesti. Järjestelmästä saatu data on suoraan hyödynnyskelpoista materiaalia esimerkiksi sellaiseen laskentaan, jossa halutaan näyttää toteen se ajanmäärä mikä olisi voitu käyttää tuotantoon ilman ongelman aiheuttamia seisokkeja. Kun järjestelmää käytetään aktiivisesti ja tarkastellaan säännöllisesti, se ehkäisee myös osaltaan niin sanottujen ikuisuusongelmien syntymistä, sillä järjestelmä tarjoaa tarkan vikataajuuden halutulla aikajaksolla, osoittaen myös aikahäviön. Järjestelmän hyödyllisyys on myös nähty toimeksiantajan puolesta ja sen on koettu tarjoavan uutta näkökulmaa seisokkitarkasteluun ja helpottaen sen aiheuttamaa työmäärää. (Rantala. 2020.)

Jatkokehitykseen tulee ottaa seuraavia ideoita, jotta toivottuun lopputulemaan pakkaamon käytettävyyden parantamisen suhteen päästäisiin. Olennaista on, että jatkossa seisokkisyyden raportointia jatketaan ja seisokkisyyt raportoidaan oikein. Seisokkisyyden oikein raportointi on tärkeää, jotta seisokin aiheuttanut juurisyy kohdistuisi oikein. Tällä tavoin saatava data seisokeista pysyy luotettavana ja jatkokehityskelpoisena. Määrävälein suoritettava tilatiedon seuranta on myös olennainen osa

jatkokehitystä, jotta käytettävyyttä pakkaamossa saataisiin parannettua kohdistamalla investointeja ja korjauksia kriittisimpiin kohteisiin. Aktiivisella paneutumisella saadaan tukea mahdolliseen päätökseen ja nähdään jälkikäteen, onko tehdyillä muutoksilla ollut vaikutusta käytettävyyteen.

Jos järjestelmää halutaan kehittää seisokkisyiden analyysijärjestelmästä eteenpäin, alentunutta tuotantotilaa eli pakkaamon nopeutta indikoivaa järjestelmää kohti, tulee pohtia, mistä alentunut tuotantotila saataisiin muodostettua. Tässä ongelmaksi muodostuu helposti rullien tulotahti, joka päivän aikana on monesti hyvin vaihteleva, vaihdellen muutamasta rullasta jopa 150 rullaan tunnissa. Mistä muodostetaan luotettava indikaattori siitä, että pakkaamon tulisi kyetä nopeampaan toimintaan, jotta rullatuotanto säilyisi huippuuhetkinä halutulla tasolla. Keskeistä pakkaamon tuotantonopeudessa on se, että pituusleikkurit eivät joutuisi hidastamaan omaa tuotantoaan.

Lisäksi ehdotettiin, että muita esille tulleita kehitysideoita otetaan pohdintaan, onko näiden toteutuskelpoisuus käytettävyyden parantumisen suhteen ja investoinnin hintaan nähden järkevää, ja saavutetaanko siten pakkaamon toimintaa parantavia ominaisuuksia.

Loppukaneettina todetaan, että pakkaamon suurin haaste on pitää se toiminnassa siten, että toimintavalmius olisi jatkuva ja rullavirta tasainen. Tähän jokaisen aikaisemman osa-alueen vaikuttaessa, on yhden ratkaisun taktiikka mahdoton yhtälö toiminnallisuuden parantamiseksi. Tämä yhdessä muodostaa pakkaamosta haasteellisen, mutta tehtaan toiminnallisuuden kannalta tärkeän kokonaisuuden. Ilman pakkaamoa ei ole tuotantoa ja taas ilman tuotantoa ei ole pakkaamoa.

## Lähteet

Anjala U2/PPS 2019. Powerpoint-esitys Anjalan toimintatapamallista paperintuotannossa. Stora Enso Oyj. Sisäinen materiaali.

Anjalan tehdas. N.d. Anjalan paperitehtaan tiedot Stora Enson kotisivuilla. Viitattu 27.1.2020. <https://www.storaenso.com/fi-FI/about-stora-enso/stora-enso-locations/anjala-mill>.

Divisioonat. N.d. Stora Enso Oyj. Artikkelit yrityksen suuntauksista yrityksen verkkosivuilla. Viitattu 28.1.2020. <https://www.storaenso.com/fi-FI/about-stora-enso/our-divisions>.

Heikkilä, A. 2011. Toimintajärjestelmä – Rullapakkaus. Stora Enso Oyj:n Anjalan paperitehtaan rullapakkaamon sisäinen työohje.

Honkanen, A. 2011. Asiakasrullien arkkikatkot Anjalan paperitehtaalla. Opinnäytetyö, AMK. Saimaan ammattikorkeakoulu, kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma. Viitattu 17.4.2020. <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2011060310805>.

Hägglom-Ahnger & U. Komulainen, P. 2003. Paperin ja kartongin valmistus. Opetushallitus. Helsinki: Opetushallitus.

Jälkikäsittely - tiivistelmä. N.d. Paperitekniikan ja tehtaan automaation oppimisympäristö KnowPap. Viitattu 28.1.2020. [http://www.know-pap.com.ezproxy.jamk.fi:2048/extranet/suomi/paper\\_technology/00\\_general\\_finishing/frame.htm](http://www.know-pap.com.ezproxy.jamk.fi:2048/extranet/suomi/paper_technology/00_general_finishing/frame.htm).

Kananen, J. 2015. Kehittämistutkimuksen kirjoittamisen käytännön opas. Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu.

Konkarikoski, K. 2013. Kunnonvalvonta ja kunnossapito uudet SFS-käsi- kirjat kunnossapitoon. Artikkelit Promaint-lehden verkkosivuilla. Viitattu 30.4.2020. <https://promaintlehti.fi/Kunnonvalvonta-ja-kayttovarmuus/Kunnonvalvonta-ja-kunnossapito-uudet-SFS-kasikirjat-kunnossapitoon>.

Kunnossapidon sisältö ja tavoitteet. N.d. Paperitekniikan ja tehtaan automaation oppimisympäristö KnowPap. Viitattu 5.2.2020 [http://www.know-pap.com.ezproxy.jamk.fi:2048/extranet/suomi/maintenance/1\\_maintenance/1\\_importance/1\\_content\\_and\\_goals/frame.htm](http://www.know-pap.com.ezproxy.jamk.fi:2048/extranet/suomi/maintenance/1_maintenance/1_importance/1_content_and_goals/frame.htm).

Laakkonen, J. 2020. Pyörivien laitteidenhuoltoprosessin arvovirtakuvaus. Opinnäytetyö, AMK. Turun ammattikorkeakoulu, konetekniikan koulutusohjelma. Viitattu 21.2.2020. <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-202003043014>.

Laatutyökaluja. N.d. Artikkelit PDCA -ongelmanratkaisumenetelmästä. Laatuakatemia. Viitattu 21.2.2020. <http://www.kotiposti.net/tuurala/PDCA.htm>.

Laitinen, A. 2020a. Paperikoneiden jälkikäsittelyn aluetyönjohtaja Anjalan paperitehtaalla. Stora Enso Oy. Opinnäytetyön aloituspalaveri 15.1.2020.

Laitinen, A. 2020b. Paperikoneiden jälkikäsittelyn aluetyönjohtaja Anjalan paperitehtaalla. Stora Enso Oy. Henkilökohtaiset keskustelut opinnäytetyön aikana.

Massa- ja paperiteollisuus. 2018. Tilastodokumentti Suomen Metsäteollisuus Ry:n verkkosivuilla. Viitattu 29.1.2020. <https://www.metsateollisuus.fi/tilastot/massa-ja-paperiteollisuus/>.

Metsä- ja energiateollisuuden ketjut. N.d. Lapua-Ketjut Oy. PDF tuote-esite yrityksen verkkosivuilla. Viitattu 28.1.2020. [http://www.lapua-ketjut.fi/tiedostopankki/14/LK\\_4\\_3\\_Paperi.pdf](http://www.lapua-ketjut.fi/tiedostopankki/14/LK_4_3_Paperi.pdf).

Metsäteollisuuden toimialakatsaus. 2017. Tilastodokumentti Suomen Metsäteollisuus Ry:n verkkosivuilla. Viitattu 29.1.2020. [https://www.metsateollisuus.fi/uploads/2017/11/24153814/Mets%C3%A4teollisuus\\_taloudjalanj-yhteen-veto\\_112017.pdf](https://www.metsateollisuus.fi/uploads/2017/11/24153814/Mets%C3%A4teollisuus_taloudjalanj-yhteen-veto_112017.pdf).

Metsäteollisuus. 2018. Tilastodokumentti Suomen Metsäteollisuus Ry:n verkkosivuilla. Viitattu 29.1.2020. <https://www.metsateollisuus.fi/tilastot/metsateollisuus/>.

Mänttari, R. 2008. Anjala finishing (Anfi 2008) mitoitusperusteet. Uuden keskuspakkaamon mitoitusperusteet. Stora Enso, sisäinen materiaali.

Ohtonen, R. 2018. Suomen paperi-, kartonki- ja massatehtaat. Tilastodokumentti Suomen Metsäteollisuus Ry:n verkkosivuilla. Viitattu 29.1.2020. [https://www.metsateollisuus.fi/tilastot/15-Massa-%20ja%20paperiteollisuus/Julkinen-FI/f95YrityksetJaTuotantolaitokset\\_paperi.pptx](https://www.metsateollisuus.fi/tilastot/15-Massa-%20ja%20paperiteollisuus/Julkinen-FI/f95YrityksetJaTuotantolaitokset_paperi.pptx).

Pakkaamon käyttöohjekirjat. 2008. Saimatec Engineering Oy.

Partanen, A. 2020. Saimatec Engineering Oy:n toimittaman rullapakkauskoneen käärintälinjan kuntokartoitus raportti 12.3.2020. Uproval Oy.

Patrikainen, E. 2008. Paineilman kulutuksen optimointi pituusleikkurilla. Opinnäytetyö, AMK. Metropolia ammattikorkeakoulu, automaatiotekniikan koulutusohjelma. Viitattu 17.4.2020. <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-200810243714>

Pituusleikkauksen hallinta. N.d. Paperitekniikan ja tehtaan automaation oppimisympäristö KnowPap. Viitattu 28.1.2020. [http://www.knowpap.com.ezproxy.jamk.fi:2048/extranet/suomi/paper\\_technology/7\\_winding/3\\_winding\\_control/frame.htm](http://www.knowpap.com.ezproxy.jamk.fi:2048/extranet/suomi/paper_technology/7_winding/3_winding_control/frame.htm).

Pituusleikkauksen tavoitteet. N.d. Paperitekniikan ja tehtaan automaation oppimisympäristö KnowPap. Viitattu 28.1.2020. [http://www.knowpap.com.ezproxy.jamk.fi:2048/extranet/suomi/paper\\_technology/7\\_winding/0\\_introduction/frame.htm](http://www.knowpap.com.ezproxy.jamk.fi:2048/extranet/suomi/paper_technology/7_winding/0_introduction/frame.htm).

Rantala, M. 2020. Pakkaamon uusien ohjeiden läpikäynti palaveri 9.4.2020. Henkilökohtaiset muistiinpanot.

Rautiainen, P. 2009. Papermaking part 3, Finishing. Porvoo: WS Bookwell.

Robowrap twin. N.d. Tuote-esite yrityksen verkkosivuilla. Viitattu 20.2.2020. <http://uproval.fi/products/robowrap-twin/>

Rullaviat. N.d. Paperitekniikan ja tehtaan automaation oppimisympäristö KnowPap. Viitattu 28.1.2020. [http://www.knowpap.com.ezproxy.jamk.fi:2048/extranet/suomi/paper\\_technology/9\\_reeling/5\\_roll\\_defects/frame.htm](http://www.knowpap.com.ezproxy.jamk.fi:2048/extranet/suomi/paper_technology/9_reeling/5_roll_defects/frame.htm).

SAP tuotannonohjaus- ja raportointijärjestelmä 2020. Anjalan paperitehdas. Sisäinen materiaali.

Seppälä, A. 2015. Painopaperikoneita muutetaan pakkausmateriaaleille – koepaperikone testaa. Artikkelin Yle:n verkkosivustolla. Viitattu 29.1.2020 <https://yle.fi/uutiset/3-8270519>.

Stora Enso vuonna 2018. 2019. Yrityksen markkinointiesite.

Suomen automaatioseura ry. 2010. Valvomo, suunnittelun periaatteet ja käytännöt. Helsinki: Suomen automaation tuki oy.

Timperi, V. 2020. Pakkaamosta ja rullakuljettimista kysymyksiä. Sähköpostiviesti 11.3.2020. Vastaanottaja M. Rantala. Kysymyksiä paperirullapakkaamon ja rullakuljettimien kunnossapidosta mekaanisen kunnossapidon näkökulmasta.

Tulkki, N. 2020. Pakkaamosta ja rullakuljettimista kysymyksiä. Sähköpostiviesti 24.2.2020. Vastaanottaja M. Rantala. Kysymyksiä paperirullapakkaamon ja rullakuljettimien kunnossapidosta sähköautomaation näkökulmasta.

Tunnista työn pulmakohdat. N.d. Artikkelin Työterveyslaitoksen verkkosivuilla. Viitattu 14.4.2020. <https://www.ttl.fi/tyoyhteiso/tyon-kehittaminen/tunnista-tyon-pulmakohdat>.

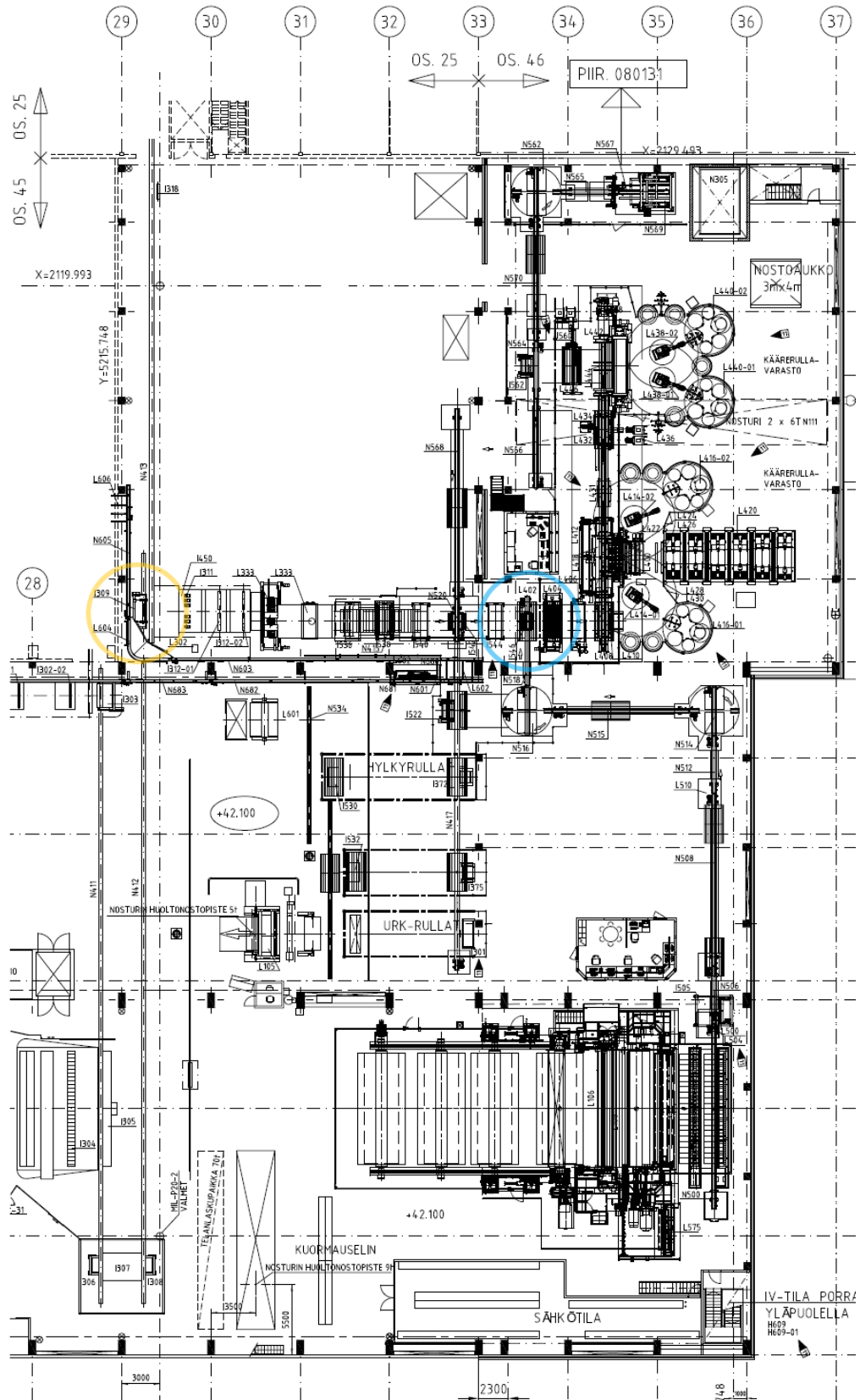
Tuotannonsuunnittelu – Trimmitys. N.d. Paperitekniikan ja tehtaan automaation oppimisympäristö KnowPap. Viitattu 28.1.2020. [http://www.knowpap.com.ezproxy.jamk.fi:2048/extranet/suomi/automation/2\\_production\\_management/3\\_production\\_planning/frame.htm](http://www.knowpap.com.ezproxy.jamk.fi:2048/extranet/suomi/automation/2_production_management/3_production_planning/frame.htm).

Varjola, P. 2020a. Paperikone 3:sen käyttöpäällikkö Anjalan paperitehtaalla. Stora Enso Oy. Palaveri opinnäytetyöstä 5.2.2020, 25.2.2020.

Varjola, P. 2020b. Rullien käärintä ala-arvoista. Sähköpostiviesti 2.3.2020. Vastaanottaja M. Rantala. Viesti rullien käärintäongelmista.

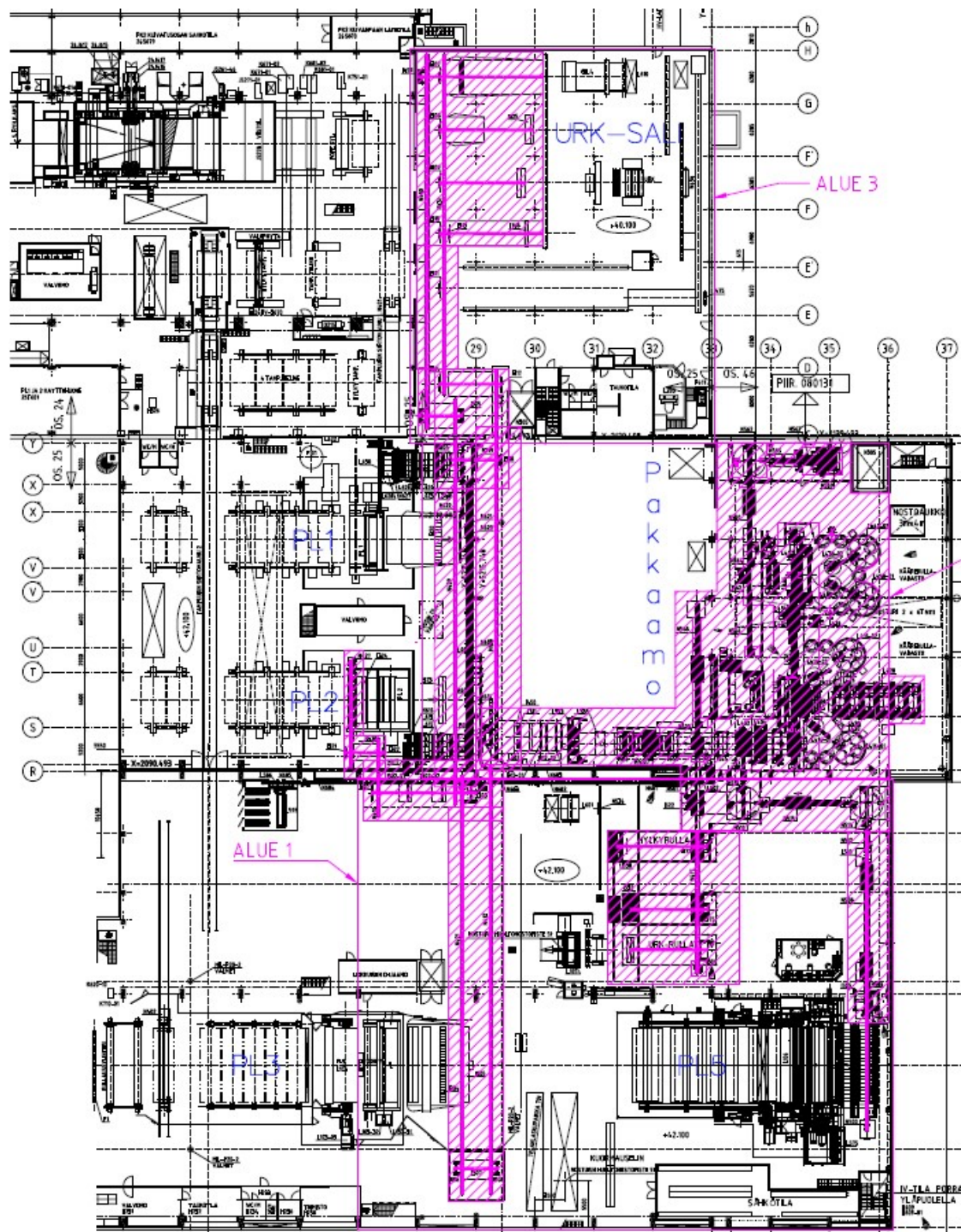
# Liitteet

## Liite 1. Pohjakuva pakkaamosta





## Liite 2. Jätkikäsittelyn kuljettimet ja pituusleikkurit



### Liite 3. Tilatietojen syyt pakkaamo

Kone	Luokka	Tyyppi	Koodi	Syy
Pakkaamo	Alentunut tuotantonopeus	Ulkoinen aiheuttaja	4301	Varasto
Pakkaamo	Alentunut tuotantonopeus	Ulkoinen aiheuttaja	4302	Rampisto
Pakkaamo	Alentunut tuotantonopeus	Ulkoinen aiheuttaja	4303	Pystyynnosto
Pakkaamo	Alentunut tuotantonopeus	Ulkoinen aiheuttaja	4304	Muu ulkoinen syy
Pakkaamo	Alentunut tuotantonopeus	Käyttötekniinen	4101	Huono käärintä
Pakkaamo	Alentunut tuotantonopeus	Käyttötekniinen	4102	Arkkikatko(t)
Pakkaamo	Alentunut tuotantonopeus	Käyttötekniinen	4103	Vaippaviivakoodimerkkaus
Pakkaamo	Alentunut tuotantonopeus	Käyttötekniinen	4104	Muu käyttötekniinen syy
Pakkaamo	Alentunut tuotantonopeus	Kunnossapidollinen	4201	Mekaaninen
Pakkaamo	Alentunut tuotantonopeus	Kunnossapidollinen	4202	SST
Pakkaamo	Alentunut tuotantonopeus	Kunnossapidollinen	4203	Muu kupi syy
Pakkaamo	Suunniteltu seisokki	Ulkoinen aiheuttaja	1301	Tilaspula yli 48h
Pakkaamo	Suunniteltu seisokki	Ulkoinen aiheuttaja	1302	Työnseisaus
Pakkaamo	Suunniteltu seisokki	Ulkoinen aiheuttaja	1303	Muu ulkoinen syy
Pakkaamo	Suunniteltu seisokki	Kunnossapidollinen	1201	Kunnossapitoseisokki
Pakkaamo	Suunnittelematon seisokki	Ulkoinen aiheuttaja	2301	Varasto
Pakkaamo	Suunnittelematon seisokki	Ulkoinen aiheuttaja	2302	Rampisto
Pakkaamo	Suunnittelematon seisokki	Ulkoinen aiheuttaja	2303	Pystyynnosto
Pakkaamo	Suunnittelematon seisokki	Ulkoinen aiheuttaja	2304	Kulj. pakkauksen jälkeen
Pakkaamo	Suunnittelematon seisokki	Ulkoinen aiheuttaja	2305	Muu ulkoinen syy
Pakkaamo	Suunnittelematon seisokki	Käyttötekniinen	2101	Tarvikkeiden täyttö
Pakkaamo	Suunnittelematon seisokki	Käyttötekniinen	2102	Puhdistukset
Pakkaamo	Suunnittelematon seisokki	Käyttötekniinen	2103	Häiriö
Pakkaamo	Suunnittelematon seisokki	Käyttötekniinen	2104	Arkkikatko(t)
Pakkaamo	Suunnittelematon seisokki	Käyttötekniinen	2105	Kääreen katkeaminen
Pakkaamo	Suunnittelematon seisokki	Käyttötekniinen	2106	Muu käyttötekniinen syy
Pakkaamo	Suunnittelematon seisokki	Kunnossapidollinen	2201	Mekaaninen
Pakkaamo	Suunnittelematon seisokki	Kunnossapidollinen	2202	SST
Pakkaamo	Suunnittelematon seisokki	Kunnossapidollinen	2203	Tietotekniinen

<b>Juurisyykohde</b>
Askelkuljetin
Aukirullaus / kääreensyöttö
Keskitysasema / punnitus
Kulj. pakkauksen jälkeen
Käärintäasema
Puristinasema
Päätyetiketointi
Sisälappupöydät / robotti
Syöttökuljettimet
Ulkolappupöydät / robotti
Vaippaetiketointi
Vaippamerkkaus
Muu mekaaninen syy
Muu SST syy

Taulukko 2. Päiväanalyysi paperikoneittain rullatuotannosta.

	Pakatut rullat			
Tehdaspäivä	PK2	PK3	Yhteensä	Min.vaiheaika s. 24h
12.3.2020	897	2260	3157	27,37
11.3.2020	862	2305	3167	27,28
10.3.2020	958	1909	2867	30,14
9.3.2020	1062	1882	2944	29,35
8.3.2020	757	1847	2604	33,18
Vertailuarvo (suunnitteluperuste)			3800	22,74
Yhteensä			14739	

Pakkaamon >=10 min seisokit kpl	Aikahäviö	>=10 Min seisokin k:a
11	4:30:30	0:24:35
11	3:28:00	0:18:55
9	2:21:40	0:15:44
6	1:44:20	0:17:23
11	3:47:20	0:20:40
48	15:51:50	